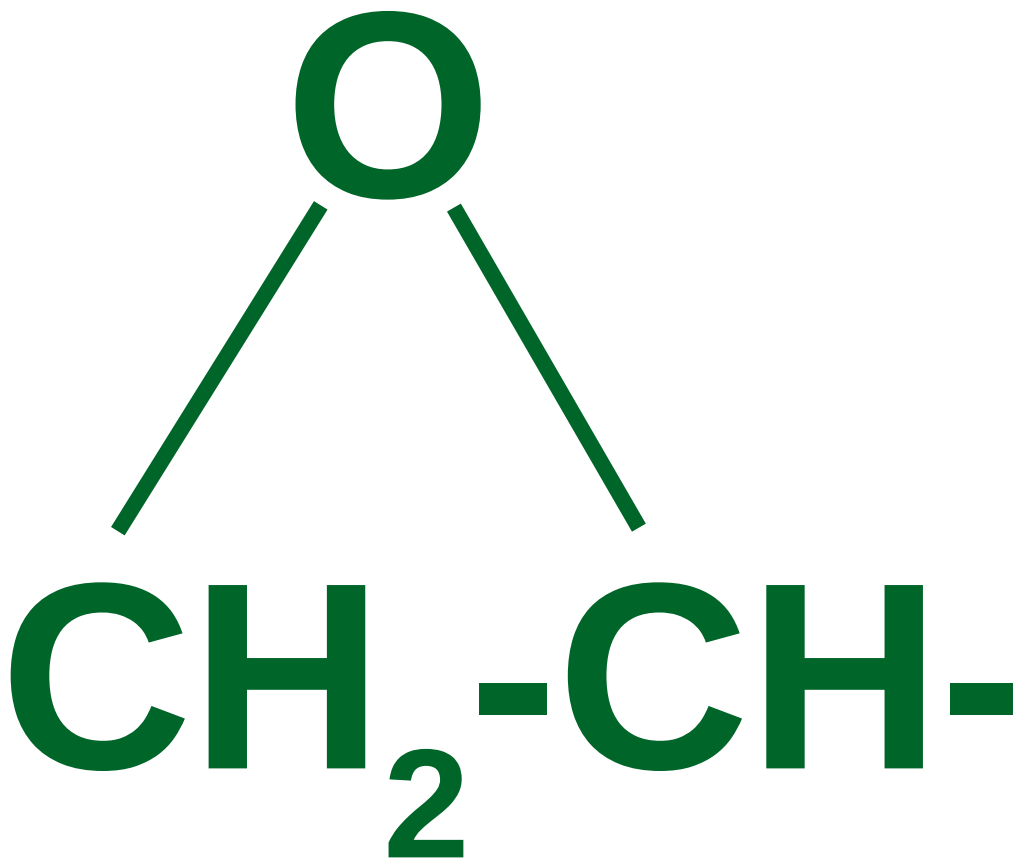


NM EPOXIHANDBOK

Upplaga 3 2004
Presenterad av
Ing. Curt Augustsson



NILS MALMGREN AB

NM EPOXIHANDBOK

Nils Malmgren AB

Produktion
Nils Malmgren AB

Författare
Curt Augustsson

Illustrationer
Jonny Augustsson, Gunnar Swärd

Tryck
Rollsbo Tryck & Reklam

Typsnitt
Times New Roman, Arial, Symbol

Papper
Miljövänligt

© 1995, 2000, 2004 Nils Malmgren AB
Box 2039, 44202 Ytterby
Tel. 0303-93610. Fax 0303-92855

e-post: info@nilsmalmgren.se
Hemsida: www.nilsmalmgren.se

Mångfaldigande av innehållet i denna bok,
helt eller delvis, är enligt lagen om
upphovsrätt av den 30-12-1960 förbjudet utan
medgivande från copyrightinnehavaren.
Förbudet gäller varje form av mångfaldigande genom
tryckning, kopiering, bandinspelning, etc.

Innehåll

Historik	1
Epoxiplasternas allmänna och fysikaliska egenskaper	2
Epoxiplasternas karakteristiska basegenskaper	9
Modifiering av epoxihartser	11
Epoxiplasternas användningsområde	14
Ytpreparering	20
Blandning	24
Vidhäftning	26
Applicering och funktion	28
Detaljlösningar	36
Nödvändig skiktjocklek	41
Golvbeläggningar	42
Limning	46
Betong och luftföroreningar	50
Rekommendationer för den som handskas med epoxihartser och härdare	56
Förslag till förbehandling till olika material	61
Omvandlingstabeller	65
Register	69

Inledning

Materialkunskap har alltid varit något nödvändigt för den som konstruerar. Med dagens stora efterfrågan på kvalitet, både på tillverkning, material och utförande, så är det en självklarhet att inköpare, arkitekter och entreprenörer besitter nödvändiga kunskaper om det de arbetar med.

NM Epoxihandbok är tillkommen för att ge kunskaper om epoxiplasternas egenskaper i en mängd olika applikationer.

Vi har samlat våra kunskaper om i första hand lågmolekylär epoxi och dess användning. Det är vår förhoppning att boken skall bidra till att göra produktvalen enklare och att hitta de bästa lösningarna för varje projekt.

Historik

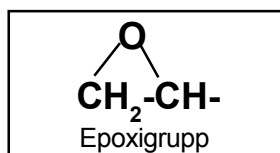
Epoxiplasten har sina rötter långt tillbaka i historien, närmare bestämt till år 1936, då Dr Pierre Castan i Schweiz lyckades syntetisera ett epoxiharts som han härdade med ftalsyraanhydrid.

1939 utvecklade Dr S.O. Greenlee i USA epoxihartser av epiklorhydrin och bisfenol A, d v s den typ av epoxihartser vi använder idag. Syftet med utvecklingen av epoxihartser var att finna ett bindemedel för beläggningar som var resistent mot alkali, men det visade sig snart att epoxin hade betydligt fler goda egenskaper än så. Idag har epoxin sin givna plats inom såväl rymd, flyg, elektronik och bilindustrin som inom livsmedel, läkemedel, verkstad, offshore och båtindustrin. De allra flesta känner till ordet epoxi och förknippar det med något som är starkt.

Redan 1960 började Nils Malmgren och Curt Augustsson att formulera och producera produkter baserade på epoxi med härdare. 1967 hade omfattningen blivit så stor att Nils Malmgren AB startade med inriktning på epoxibaserade produkter. Företaget kvalitetscertifierades 1990 och kunde därmed befästa sitt målmedvetna kvalitetstänkande.

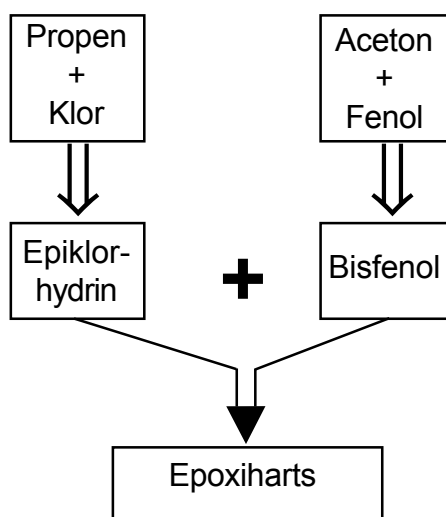
Epoxiplasternas allmänna kemiska och fysikaliska egenskaper.

Ett epoxiharts definieras som en molekyl med mer än en epoxigrupp, vilken kan här-
das till en användbar plast. Epoxigruppen, som även kallas glycidylgrupp, har ge-
nom sitt karakteristiska utseende gett namn åt epoxin.

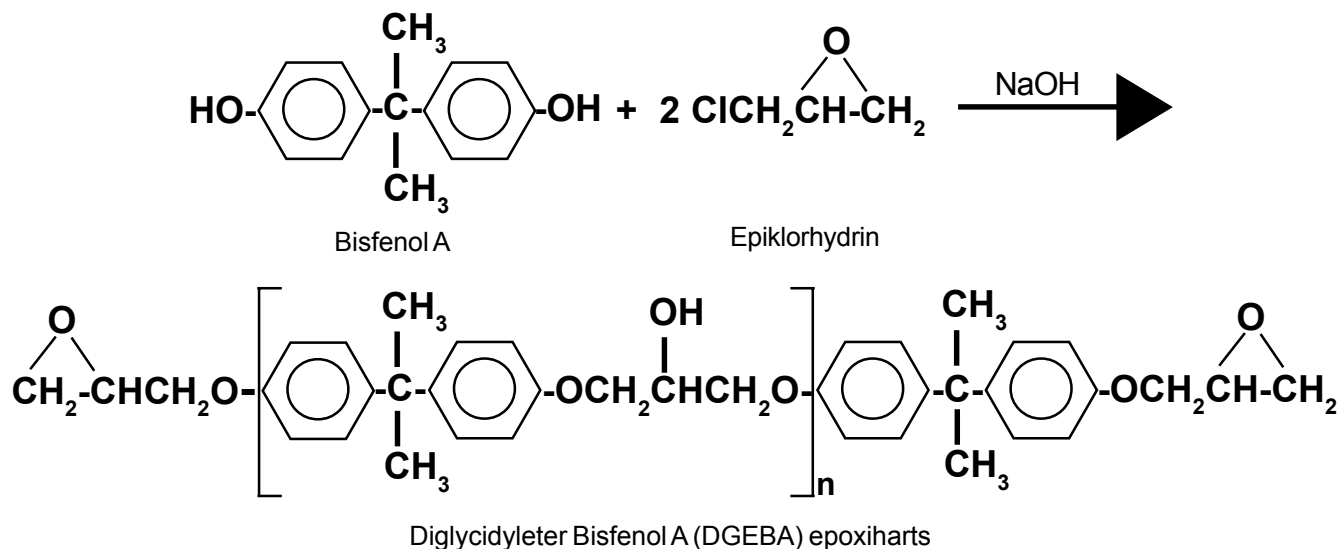


Vad man ser är en syreatom på utsidan av kolkedjan. Epi betyder just ”på utsidan
av” och ett annat namn på syre är oxygen.

Två stavningar förekommer, nämligen epoxi och epoxy. Den förstnämnda stav-
ningen härrör från att syrets förening med kolkedjan kallas en oxid. Epoxiharts till-
verkas av enkla baskemikalier med stor tillgänglighet.



Med hjälp av kemiska formler ser det sista ledet ut på följande sätt



Genom att variera förhållandet mellan bisfenol A och epiklorhydrin får man olika molekylvikt på det färdiga epoxihartset. Den lägsta molekylvikt ett epoxiharts av DGEBA typ kan ha är 340, men om två ämnen tillsammans kan bilda olika molekylvikter när de reagerar så kommer epoxihartset att innehålla en blandning av olika långa epoximolekyler. Man talar därför inte om epoxihartsernas molekylvikt, utan om deras medelmolekylvikt.

Epoxiharts med medelmolekylvikt över 700 kallas högmolekylärt, och epoxiharts med medelmolekylvikt under 700 lågmolekylärt. Epoxihartser kan vara allergiframkallande, och det är just molekylvikten som avgör hur stor risken är. Ju högre molekylvikten är desto mindre är sannolikheten för allergi.

I formeln för epoxiharts syns bokstaven n efter klammern. Om $n=0$ d v s det som står innanför klammern finns inte, då har vi den kortaste epoximolekylen med molekylvikt 340. Den har den högsta reaktiviteten och utgör därmed även den största allergirisken. Om $n=1$ är molekylvikten 624, för $n=2$ är den 908 o s v. För varje gång n ökar med 1, ökas molekylvikten med 284. I ett lågmolekylärt epoxiharts med medelmolekylvikten 380 är fördelningen ungefär 88% $n=0$, 10% $n=1$ och 2% $n=2$. Ett rent epoxiharts med $n=2$ är inte allergiframkallande, men om vi ser på ett kommersiellt epoxiharts med medelmolekylvikten 1080, så är fördelningen ungefär 20% $n=0$, 15% $n=1$, 15% $n=2$ och 50% $n=3, 4$ och 5. Detta innebär att även ett högmolekylärt epoxiharts kan vara allergiframkallande.

Ett lågmolekylärt epoxiharts med medelmolekylvikt 380 är flytande vid rumstemperatur, medan ett epoxiharts med medelmolekylvikt 1000 är fast vid rumstemperatur. Det är molekylvikten som avgör vad epoxihartset kan användas till.

De lågmolekylära kan hanteras utan tillsats av lösningsmedel som avdunstar och används därför till gjutningar, tjocka beläggningar, spaltfyllande lim etc.

De högmolekylära epoxihartserna måste som regel lösas i organiska lösningsmedel för att vara hanterbara, vilket begränsar användningen till färg och lack.

För att överföra epoxihartset till epoxiplast fordras en reaktion med ett lämpligt ämne. Sådana ämnen benämns i detta sammanhang för härdare.

Exempel på ämnesgrupper som fungerar som epoxihärdare är: aminer, amider, syraanhydrider, imidazoler, bortrifluoridkomplex, fenoler, merkaptaner och metalloxider.

För härdning vid rumstemperatur används i huvudsak aminer och amider samt i viss mån merkaptaner. De övriga härdaretyperna behöver som regel temperaturer över $+150^{\circ}\text{C}$ för att reagera med epoxin. Fortsättningsvis kommer endast amin och amidhärdare att beskrivas närmare.

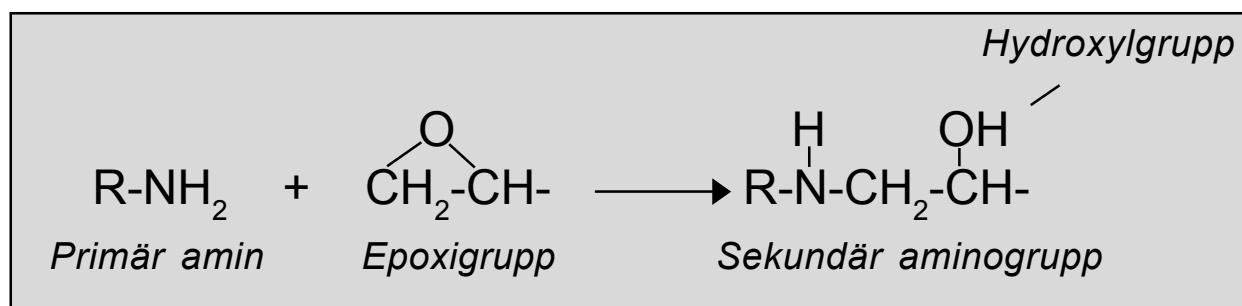
Aminer är ämnen som är besläktade med ammoniak (NH_3). Beroende på hur många väteatomer som ersätts av alkylgrupp, uppstår primära aminer $\text{NH}_2\text{-R}$, sekundära aminer NH-R_1 eller tertiära aminer N-R_2 . Antalet aminogrunder bestämmer om aminen är en monoamin ($\text{NH}_2\text{-R}$), en diamin ($\text{NH}_2\text{-R-NH}_2$) eller en polyamin ($\text{NH}_2\text{-R-NH-R-NH-R-NH}_2$)

Vidare delas aminerna in i alifatiska d v s en rak kolkedja, cykloalifatiska med en ringformad kolkedja och slutligen aromatisk där aminogruppen är bunden till en bensenring.

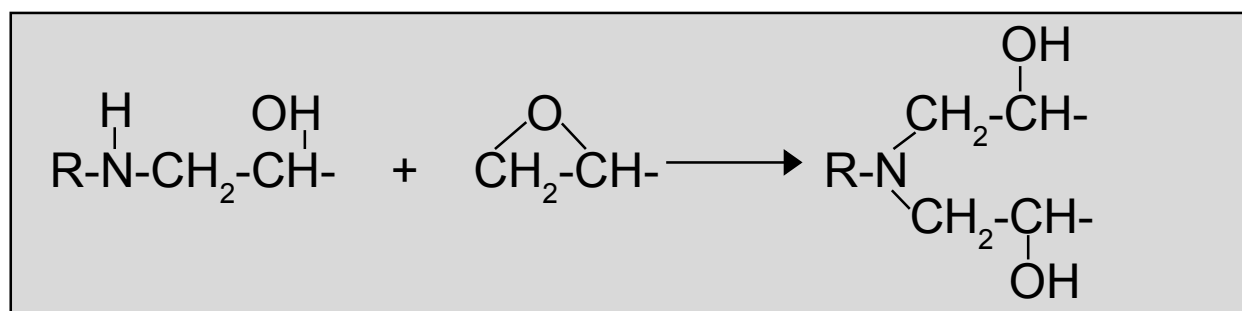
Som härdare till epoxihartset används framförallt di- och polyaminer.

Den primära aminogruppen $\text{NH}_2\text{-}$ innehåller som synes två väteatomer och en kväveatom. Det är vätet som utgör den reaktiva delen, och reaktionen sker med syret i epoxigruppen.

Med lite förenklade kemiska formler ser det ut som följer

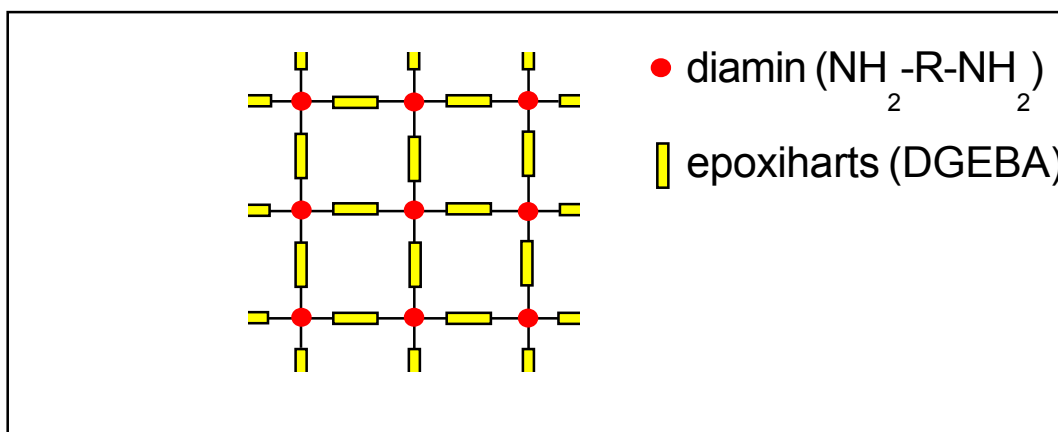


I första reaktionsskedet reagerar den ena av aminens väteatomer med epoxigruppens syre, varvid det bildas en hydroxylgrupp (OH-) samtidigt som den primära aminen reduceras till en sekundär amin. Reaktionen går vidare



Den sekundära aminen reagerar med ytterligare en epoxigrupp och reaktionen är fullgången.

En epoximolekyl innehåller normalt två stycken epoxigrupper, och en primär diamin har fyra reaktiva väteatomer. En schematisk bild av epoxiplasten ser då ut så här:



Självfallet är epoxiplastmolekylen tredimensionell i verkligheten.

.....

Exempel på aminer vilka används som härdare till epoxihartser:

Alifatiska aminer

- ⊗ Dietylentriamin
- ⊗ Trietylentetramin
- ⊗ Aminoethylpiperazin
- ⊗ Trimetylhexametylendiamin

Cykloalifatiska aminer

- ⊗ Isoforondiamin
- ⊗ Diaminodicyklohexylmetan

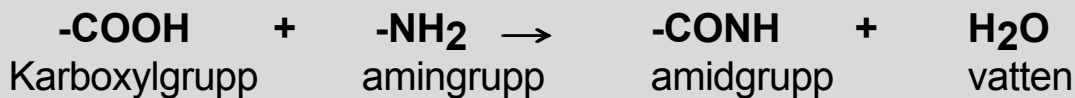
Aromatiska aminer

- ⊗ Diaminodifenylmetan
- ⊗ m-Fenylendiamin

Mycket vanligt är det att förreagera aminerna med en viss del epoxiharts. Syftet med det är att få en härdare som är mindre flyktig än den rena aminen och som har en något högre reaktivitet.

Den här typen av härdare kallas aminaddukter, och reagerar i stort sett på samma sätt som tidigare visats.

Nästa stora grupp av härdare är amiderna eller rättare uttryckt polyaminoamiderna. En amid bildas när en polyamin reagerar med en fettsyra



Detta gäller generellt för alla polyamider, även Nylon. Genom att variera förhållandet mellan fettsyra och amin kan man bestämma om polyamiden skall vara syraterminerad (typ Nylon) eller aminaterminerad, d v s vilka ändgrupper polyamiden skall ha. Det är bara aminaterminerade polyamider som kan användas som härdare till epoxiharts. Som fettsyra användes oftast tallfettsyra, linolsyra eller olein. Fettsyror används antingen monomera (en karboxylgrupp) eller dimera (två karboxylgrupper). Som polyamin används dietylentriamin, trietylentetramin och tetraetylenpentamin. Vätet i amidgruppen (**CONH**) är inte reaktivt utan det är vätet i de primära aminogrupperna i polyamidens ändar samt de sekundära aminogrupperna som härrör från polyaminen, som är reaktiva med epoxihartset på samma sätt som beskrivits tidigare.

Både aminaddukter och polyamider kan göras vattenlösliga. Sådana lösningar har förmåga att emulgera lågmolekylärt epoxiharts, vilket i sin tur ger möjlighet att tillverka vattenspådbara epoxifärger.

Reaktionen mellan ett epoxiharts och en härdare är en irreversibel polyaddition, d v s inga biprodukter bildas, och epoxiplasten kan inte sönderdelas i epoxiharts och härdare. Reaktionen är exoterm, vilket betyder att värme frigörs. Beroende på vilken typ av härdare man använder kan man få mycket stor skillnad i reaktionshastighet. Detta har stor praktisk betydelse vid arbete med epoxi. Den tid man har på sig att förbruka en blandning av epoxiharts och härdare benämns **potlife**. Beroende på blandningens reaktivitet, kan potlife variera från några sekunder till flera år.

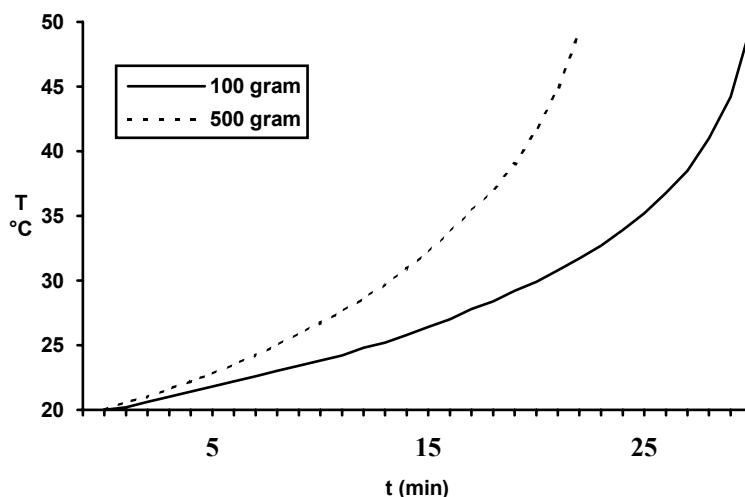
Potlife kan bestämmas på flera olika sätt.

En metod är att temperera epoxihartset och härdaren till +20°C. Därefter blandas en mängd av 100 gram i en plastmugg. Tiden fram till att blandningens temperatur stigit till +50°C, sätts som blandningens potlife. För system med låg reaktivitet (lång potlife) väljer man oftast att mäta viskositeten eller konsistensen och mäta tiden fram till dess att utgångsviskositeten är fördubblad.

Båda dessa metoder är oanvändbara för vattenemulgerade eller vattendispergerade system. Här gör man istället uppstrykningsprov och mäter tiden fram till en glansreduktion.

De allra flesta kemiska reaktioner följer Arrhenius lag som säger att reaktionshastigheten fördubblas för varje tiotals grad som temperaturen höjs. D v s en reaktion går dubbelt så fort vid +30°C som vid +20°C.

Ju större mängd som blandas samman ju större mängd exotermvärme bildas det, och detta värme hinner inte avledas genom blandningskärlets ytor utan värmer istället upp blandningen. Allteftersom temperaturen ökar så ökar reaktionshastigheten, vilket innebär att potlife blir kortare ju större mängd som blandas samman.



Exempel på potlife för 100 respektive 500 gram av samma epoxiharts - härdare blandning

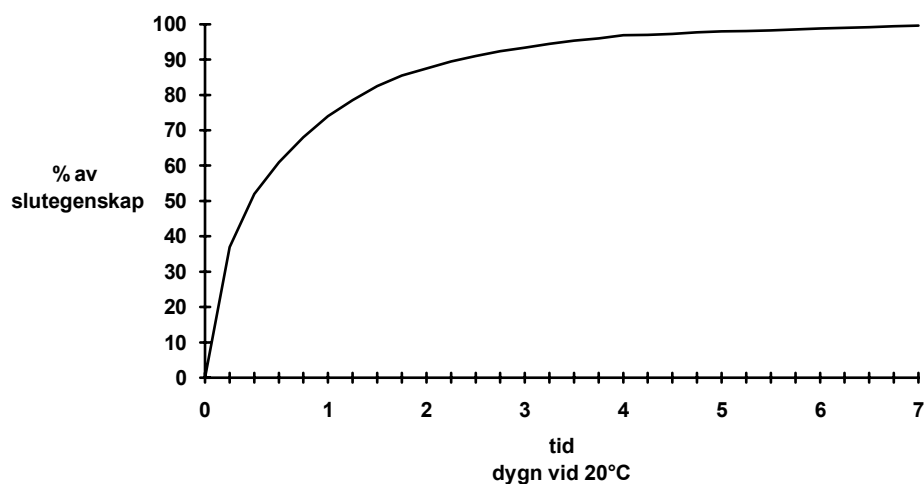
Potlife för ett epoxisystem ger följaktligen en viss information till användaren om brukstiden efter blandning, men man måste ta hänsyn till dels mängden material som blandas dels materialets utgångstemperatur. Epoxins **härkningstid** definieras som den tid det tar från det att epoxin applicerats fram till dess att den bildade epoxiplasten uppnått sina fulla egenskaper beträffande hållfasthet och kemikaliebeständighet.

För epoxi som appliceras i tunna skikt, kommer inte exotermvärmen att höja temperaturen i skiktet nämnvärt, utan epoxin antar snabbt underlagets temperatur. Reaktionen mellan epoxiharts och härdare går då relativt snabbt till att börja med, eftersom det dels är stor tillgång på reaktiva molekyler, dels för att rörligheten hos molekylerna är stor så länge viskositeten är låg.

Allt eftersom färdiga epoxiplastmolekyler bildas, så minskas antalet reaktiva molekyler samtidigt som viskositeten stiger. Reaktionshastigheten avtar successivt.

Som en tumregel gäller att rumstemperaturhårdande epoxi behöver ca 7 dygn vid +20°C för att uppnå maximala egenskaper, men redan efter 24 timmar kan man ha uppnått ca 70-80% av slutegenskaperna.

Arrhenius lag gäller naturligtvis även om reaktionen sker vid konstant temperatur. Det innebär att om underlaget är +10°C, så tar det ca 14 dygn att uppnå fulla egenskaper.



Exempel på epoxins härdningsförlopp vid konstant temperatur.

Epoxiplasternas karakteristiska basegenskaper

Det finns för närvarande ett femtiotal olika ämnen som uppfyller definitionen för ett epoxiharts. Om man därtill lägger, att det finns många hundra olika härdare, så är det lätt att förstå att epoxiplasternas egenskaper kan förändras för att möta de mest skilda krav. Men vissa basegenskaper ligger alltid med i botten.

Vidhäftning

En av epoxiplasternas mest utmärkande egenskaper är förmågan att häfta vid de flesta underlag. Orsaken står att finna dels i närvaron av polära hydroxylgrupper, dels i eterbindningarna. Den ringa krympningen innebär också att kontakten mellan epoxiplast och underlag inte störs av spänningar. Epoxiplasternas ytspänning ligger för det mesta under den kritiska ytenergin för de flesta material. Detta är en av förutsättningarna för att vidhäftningen skall komma till stånd.

Mekanisk hållfasthet

Ingen annan härdplast kan uppvisa så hög mekanisk hållfasthet som korrekt formulerad epoxiplast. Återigen är det mycket tack vare den lilla krympningen som inbyggda spänningar undviks. Draghållfastheten kan överstiga 80 MPa.

Kemikaliebeständighet

Tack vare möjligheten att variera epoxiplasternas egenskaper, så kan man få epoxiplast beständig mot de flesta kemikalier. Generellt sett är epoxiplast mycket resistent mot alkali, vilket är betydelsefullt vid ytbehandling av betong.

Diffusionstäthet

Epoxi har generellt ett relativt högt ånggenomgångsmotstånd, men med en speciell teknik kan epoxiplast göras diffusionsöppen. En diffusionsöppen epoxi kan appliceras på t.ex. våt betong och ge vidhäftning större än betongens draghållfasthet.

Vattentäthet

Epoxiplasterna är att beteckna som vattentäta och de används ofta för att skydda mot vatten.

Elektrisk isoleringsförmåga

Epoxiplaster är utomordentliga elektriska isolatorer. Volymresistiviteten är normalt ca $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$. Detta i kombination med hög fuktbeständighet och kemikaliebeständighet gör epoxin lämplig för såväl tillverkning av elektronikkomponenter, som ingjutning av transformatorer.

Krympning

Epoxiplasterna har en mycket ringa krympning under härdningen. Det beror på att epoximolekylen har en ganska liten omorientering under härdningsförloppet jämfört med t.ex. polyester och metylmetakrylat.

Värmebeständighet

När det gäller värmebeständighet skiljer sig rumstemperaturhärdad epoxiplast från värmehärdad. Man anger ofta värmebeständigheten med **HDT** (Heat Deflection Temperature) eller **T_g** (Glass transition temperature).

Vid HDT minskar den mekaniska hållfastheten snabbt. Rumstemperaturhärdad epoxi uppnår sällan HDT över 70°C, medan värmehärdad kan komma upp till 250°C

Modifierbarhet

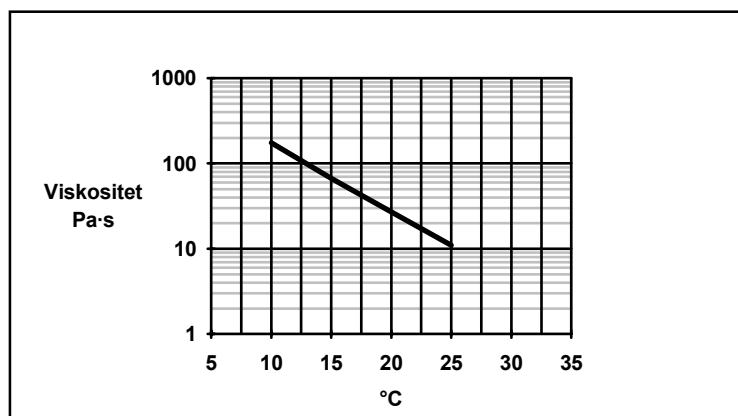
Den kanske allra främsta egenskapen hos epoxi är den nästan obegränsade möjligheten att modifiera slutegenskaperna på epoxiplasten för att möta speciella krav. Framför allt är det härdaren som påverkar plastens egenskaper, men som framgår av nästa kapitel är det många andra ämnen som har inverkan på epoxiprodukterna.

Ljusbeständighet

Epoxiplaster baserade på aromatiska epoxihartser är känsliga för ljus i UV-området. Direkt bestrålning med ultraviolett ljus ger en mycket snabb gulning. Även vanligt dagsljus innehåller tillräckligt mycket ultraviolett strålning för att gulning skall ske. Bäst resistent är alifatiska epoxihartser med anhydrid eller aminhärdare.

Modifiering av epoxihartser

Viskositeten vid 25°C, hos ett omodifierat lågmolekylärt epoxiharts av DGEBA typ, är ca 10 Pa·s, vid 20°C ca 24 Pa·s och vid 15°C ca 68 Pa·s.



Det är lätt att förstå att ett omodifierat epoxiharts inte alltid låter sig användas ute i det fria eller där temperaturen är låg. Den första orsaken till modifiering är sålunda viskositetssänkning till lämplig användarkonsistens. Här öppnar sig nu en mängd möjligheter.

Först har vi de **icke reaktiva** spädmedlen, med vilket menas sådana ämnen som är blandbara med epoxihartset men som inte deltar i reaktionen mellan epoxi och härdare. Hit räknas dels de ordinära lösningsmedlen som xylene, toluen, glykoletrar, ketoner, lägre alkoholer osv.

Dels ett stort antal ämnen med ett så lågt ångtryck att de vid normala förhållanden inte avdunstar ur den härdade plasten. Exempel på sådana är benzylalkohol och cumaronhartser. Ämnen som inte ingår kemiskt bundet i epoxiplastmolekylen, får man föreställa sig som deponerade mellan plastmolekylkedjorna.

I den här gruppen är det dom "ordinära" lösningsmedlen som har den kraftigaste effekten på viskositeten, men det innebär ofta en farlig väg.

Epoxiharts har en mycket hög lösningsmedelsretention, d v s förmåga att hålla kvar lösningsmedel. Detta innebär att det kommer att ta lång tid innan lösningsmedlen har avdunstat. I ett 1 mm tjockt skikt kan man påvisa lösningsmedelsrester efter flera månader i rumstemperatur.

De skador som kan uppstå av lösningsmedel är som regel blåsbildning, antingen genom kraftig uppvärmning eller p g a osmos då fukt förekommer i betongen. En annan orsak till att undvika lösningsmedel är krympningseffekten som kan resultera i att skikt lossnar från svaga underlag.

De spädmedel som under normala förhållanden inte avdunstar, påverkar epoxiplastens egenskaper i fler avseenden än viskositetsreduktionen. Positiva förändringar kan vara flexibilisering, förbättrad resistens mot vatten och saltlösningar på grund av hydrofobering, förbättrad reaktivitet, dels genom att rörligheten hos epoxi och härdarmolekylen blir bättre vid lägre viskositet, dels genom katalytisk verkan från hydroxylgrupper i t.ex. benzylalkohol.

Negativa förändringar är försämrade värmebeständighet och större längdutvidgningskoefficient.

Vid höga temperaturer, kan flyktigheten vara stor hos flera av dessa ämnen. Detta kan resultera i krympning med sprickbildning och reducerad vidhäftning som följd.

En annan aspekt som ibland måste beaktas är kompatibiliteten med bitumen. Det är ett fåtal av de icke reaktiva spädmedlen som inte blöder i bitumen.

Vidare är många spädmedel i denna grupp estrar som kan förtvålas vid kontakt med betong under inverkan av vatten.

Reaktiva spädmedel (förtunningar)

Dessa ämnen har som namnet antyder möjlighet att reagera med epoxihartset eller härdaren för att på så sätt fast förankras i plastmolekylen.

De mest använda typerna är de som innehåller en eller flera epoxigrupper. Det finns en mycket stor grupp av sådana ämnen som alla kan ge den slutliga plasten olika egenskaper.

Det som kännetecknar dessa ämnen är att de inte kan migrera, avdunsta eller extraheras ur epoxiplasten. Värmebeständigheten minskar något i jämförelse med omodifierad epoxi, men inte på långt när så mycket som i fallet med de icke reaktiva spädmedlen. En värdefull egenskap hos de reaktiva spädmedlen är att de sänker ytspänningen hos epoxihartset vilket i sin tur förbättrar vätformågan och därmed vidhäftningen. Beroende av det reaktiva spädmedlets sammansättning, kan såväl flexibilitet som kemikaliebeständighet påverkas.

Andra ämnen som användes för att modifiera epoxiplastens egenskaper är t.ex. högmolekylära isocyanater som via härdaren kan reagera med epoxihartset. Resultatet blir en plast med gummielastiska egenskaper, som bibehålls ner till ca -40°C.

En sådan modifiering ändrar epoxiplastens fundamentala egenskaper.

Värmebeständigheten och kemikalieresistens avtar med ökande elasticitet. Samtidigt ökar viskositeten på grund av att isocyanaterna i sig själva är mycket högviskösa. Detta betyder att ytterligare modifiering är nödvändig för att sänka viskositeten.

Nästa grupp av modifieringsämnen är pigment och fyllnadsmedel.

Pigment används för att färga epoximaterialen och fyllnadsmedlen för att öka den mekaniska hållfastheten samt att reducera priset.

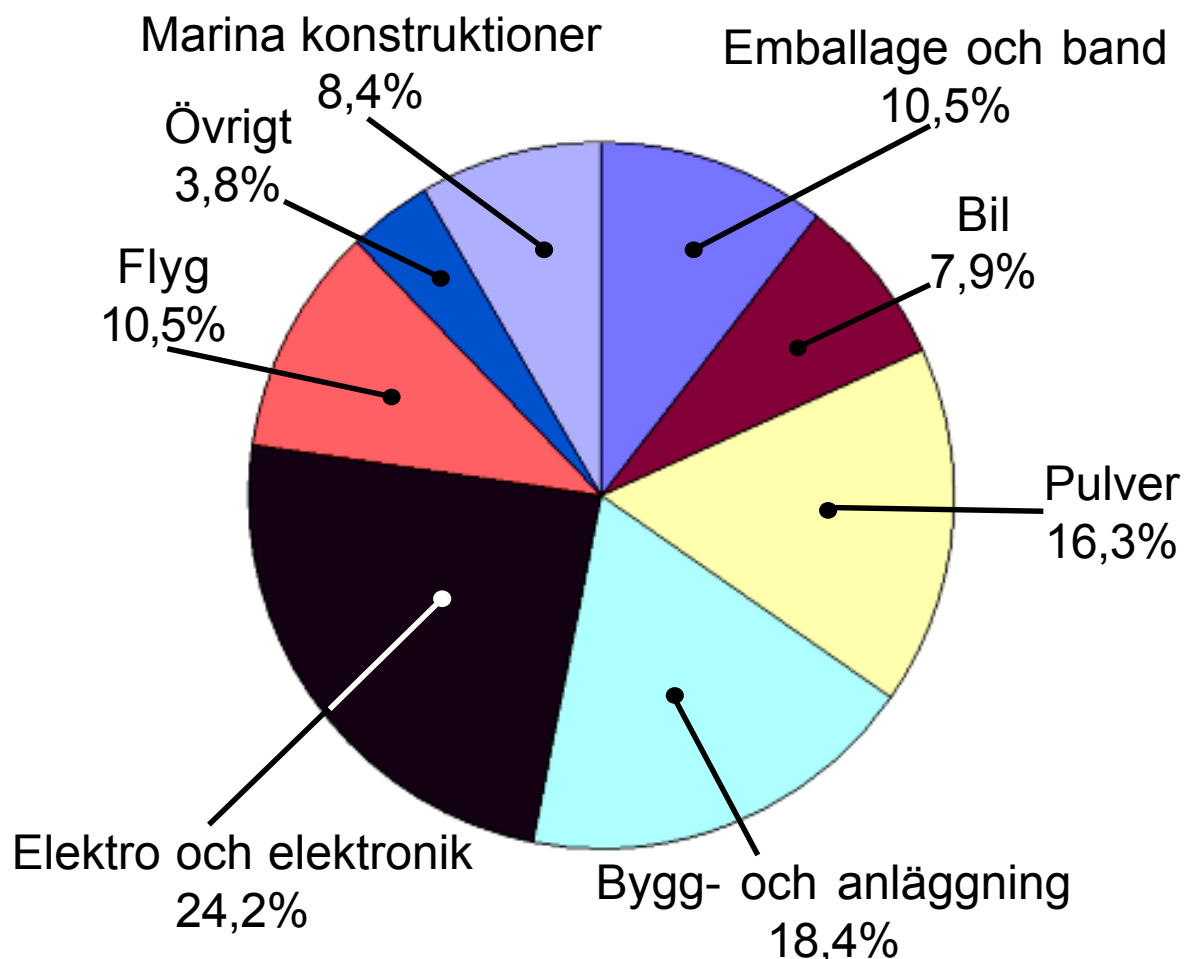
De använda pigmenten är oftast metalloxider som titandioxid, järnoxid och kromoxid.

Fyllnadsmedel är som regel finmalda mineraler och kvartssand. Det är viktigt att såväl pigment som fyllnadsmedel är ordentligt dispergerade i epoxibindemedlet.

Utöver de här uppräknade modifieringsämnena tillkommer ett antal hjälpmedel för att påverka sådana saker som rheologin, d v s konsistensen, utflytning, luftblåsor och vidhäftning.

Det är lätt att förstå att en epoxiprodukt har en relativt komplicerad sammansättning, där de ingående komponenterna skall samverka så att resultatet blir det åsyftade.

Epoxiplasternas användningsområde.



Bygg- och anläggning

De största mängderna epoxiplast inom byggnadsindustrin åtgår för beläggning av betonggolv. Obehandlade betonggolv är opraktiska ur många synpunkter. De är svåra att städa och därför ohygieniska. Spill av t.ex. oljor sugas upp i betongen och kan ej avlägsnas. Kemikaliebeständigheten hos betong är inte särskilt hög. Ur ren slitagesynpunkt är det ofta av vikt att golven får en ytbeläggning av något slag. En epoxiprodukt avsedd för golvbeläggning har vanligtvis en tryckhållfasthet på 3 till 4 gånger betongens.

De epoxihartser som vanligtvis kommer till användning för golvbeläggning är de flytande lågmolekylära. Dessa hartser innehåller normalt inga lösningsmedel vilket innebär att tjocka beläggningar kan utföras i ett arbetsmoment. Vidare medför inte belägningsarbetet någon brandfara.

De flesta epoxibeläggningar görs för att skydda något. En specialvariant är beläggningar inom läkemedels och livsmedelsindustrin, där epoxiplastens porfrihet gör väggar och golv lättare att rengöra och skyddar därmed verksamheten från bakterier och föroreningar. En annan variant är epoxiplast som fuktspärr för att skydda plastmattor och parkett från uppstigande fukt och alkali.

• Impregnering och försegling

De enklaste beläggningarna för betonggolv är impregnering och försegling. Dessa utförs med lågviskösa epoxisystem.

Impregneringen är färglös och har till uppgift att tränga ner i betongytans porer och täta dessa. Härvid binds samtidigt de lösa cement- och sandkornen i ytan. Slitstyrkan hos betongytan ökas avsevärt samtidigt som golvet blir mer resistent mot kemikalier. Utspilld olja kan exempelvis lätt torkas upp eftersom den ej tränger ner i betongen. En försegling lämnar en kraftigare ytfilm som ytterligare ökar resistensen och de mekaniska egenskaperna. Denna kan utföras såväl pigmenterad som opigmenterad.

• Tunnskiktsbeläggningar

Nästa kategori av beläggningar är tunnskiktsbeläggningar. Beläggningar av detta slag varierar i tjocklek från ca 0,3 mm till 1 mm. De innehåller som regel hårda fyllnadsmedel för att öka slitstyrkan.

Denna typ av beläggning lämpar sig främst på golv där belastningen utgörs av gångtrafik och lätt rullande trafik t.ex. i affärslokaler, lagerlokaler, skolor, sjukhus, laboratorium etc.

• Självtjämnande beläggningar

En mycket vanlig golvbeläggning inom industrin är de självutjämnande golvmassorna.

De pålägges i skiktjocklek från 3 till 5 mm, dessa beläggningar tål stora mekaniska och kemiska påfrestningar. Bindemedelshalten är relativt hög (omkring 35%) resten utgörs av kvartssand i en väl avpassad kornstorlek och pigment. Självtjämnande beläggningar ger helt plana, fogfria och porfria golv vilka bland annat visat sig klara de stora kraven för svävartrafik.

Beläggningar baserade på epoxi har normalt en tryckhållfasthet som avsevärt överstiger betongens. Vid stora punktbelastningar kan det hända att den underliggande betongen pulvriskas, härvid lossnar beläggningen och skador uppstår. För att undvika detta ökas tjockleken på epoxibeläggningen så att lasten sprids över en något större betongyta. Erfarenheten har visat att 3 mm är den tunnaste beläggningen där man kan räkna med lastspridning. Detta är anledningen till att beläggningar på 2 mm knappast förekommer, Se "Nödvändig skiktjocklek".

• Epoxibetong

Då det gäller mycket stora mekaniska påfrestningar utförs beläggningen med så kallad epoxibetong. Detta är en högfyllad epoximassa som pålägges som betong i skikt om ca 10 mm och uppåt. Bindemedelshalten är låg, vanligtvis omkring 15% och fyllnadsmedlet utgörs av kvartssand med noggrant bestämd kornfördelning.

Den låga bindemedelshalten medför att den linjära värmeutvidgningskoefficienten närmar sig den för betong. Detta är viktigt för att undvika spänningar i gränsskiktet mot betongen vid temperaturväxlingar.

För att uppnå högsta möjliga hållfasthet måste denna typ av beläggning vibreras lätt. Detta åstadkommes vid utstockningen med efterföljande glättning.

Epoxibetong användes till många typer av gjutningar t.ex. undergjutning av räls och tunga maskinfundament, övergångar mellan brobanor och vägar så kallade grusskift, lastkajer, truckbanor och uppfartsramper.

• Betongisolering

Betong som utsätts för fukt, frost och luftföroreningar skadas förr eller senare. Vanligtvis sker skadeutvecklingen relativt långsamt, men på broar sker utvecklingen oftast betydligt snabbare. Detta kan förklaras med att en bro utsätts för flera nedbrytande krafter såsom sättning, torkning, värme, kyla, vertikala rörelser beroende på trafiken och inte minst kemisk påfrestning i form av surt regn (pH-värdet på regn kan i vissa fall vara så lågt som 3) och saltning. Se även kapitel "Betong och luftföroreningar". Skador uppkomna genom saltning visar sig genom avskalning av tunna skikt betong. Skaderisken är störst när betongen innehåller vatten, det visar sig också genom att skadorna är som störst där vattenavrinningen är sämst. Anledningen till saltets nedbrytande förmåga är sannolikt av fysikalisk natur. När salt smälter is sker en kraftig temperatursänkning. Som exempel kan nämnas att 33 gram natriumklorid (vanlig koksalt) som ströas i 100 gram snö ger en temperatur på -20°C och en blandning av 140 gram kalciumklorid och 100 gram snö ger en temperatur av -55°C. Vidare är det känt att en saltlösning har lägre fryspunkt än vanligt vatten. Av dessa kända fakta kan man dra den slutsatsen att följande två faktorer är nedbrytande:

Hydrauliskt tryck och tillväxt av iskristaller.

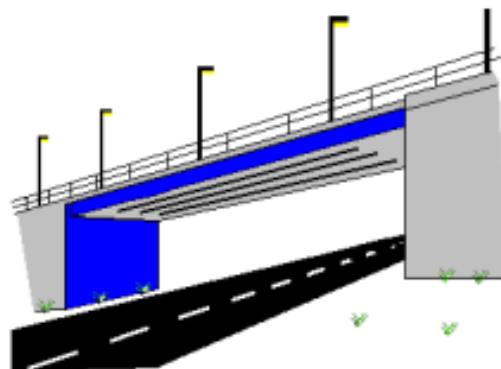
Hydrauliskt tryck uppstår när iskristallerna i kapilärerna växer och tränger undan ej fruset vatten så att det tvingas att strömma genom den del av betongen som ej är frusen. Stor porositet och snabb frysning kan ge mycket stora tryck. Den andra faktorn är tillväxt av iskristaller. När is har bildats i ett hålrum får den egenskapen att dra till sig vatten från icke frusna områden så snart temperaturen i hålrummet kommer under fryspunkten. Därmed växer iskristallerna och det uppstår utvidgning och sprängverkan, särskilt i betong med låg porositet. Krafterna i de båda nämnda faktorerna kan lätt överstiga betongens draghållfasthet varvid skadorna är ett faktum. För att motverka eller förhindra skador av nämnda art måste betongen isoleras mot inträngande vatten, dessutom måste fritt vatten i betongen tillåtas att komma ut. Det vill säga att en isolering bör vara vattentät och diffusionsöppen.

• Lim

Som lim har epoxiplasterna många användningsområden. Trä, metall och stenmaterial kan med framgång limmas mot varandra eller mot betong. Epoxiplasternas höga draghållfasthet och vidhäftning gör dem lämpade att förankra bult och wire i betong och berg. Lim baserat på epoxi är lösningsmedelsfritt och har därför en mycket ringa krympning. Beroende på de material som skall limmas och på limstället bör man välja lim med rätt elasticitet, viskositet och härdtid. Är limfogen utsatt för kemikalier bör hänsyn tagas till detta. Se mer om det i kapitel "Limning".

• Förstärkning av betongkonstruktioner

Tack vare epoxilimmernas förmåga att ta upp stora drag och skjuvspänningar är det möjligt att förstärka en betongkonstruktion, t.ex. en brobana, så att den kan ta upp en större last. Metoden går ut på att limma stålplåt eller kolfiber på betongen för att öka armeringsarean. Det är möjligt att förstärka både för böjkrakter och tvärkrakter.



Epoxilimmet måste ha de rätta egenskaperna både vad gäller konsistens och hållfasthet för att limfogen skall kunna överföra krafterna till den påförda armeringen. Metoden att förstärka broar är antagen av Vägverket och används allmänt för att öka bärigheten på en stor del av brobeståndet.

• Limning av ny betong mot gammal

Ett mycket intressant användningsområde är limning av färsk betong mot hårdnad gammal och ny betong. Det är ett känt faktum att vidhäftningen betong mot betong och betong mot berg är relativt dålig, bom uppstår ofta.

För att undvika detta kan specialkomponerade epoxilimmer anbringas på den hårda betongen som skall övergjutas, direkt efter limningen gjutes den färska betongen. Epoxilimmet är så konstruerat att härdtiden är längre än betongens varför en sammanlimning av betongytorna sker. Lim av sistnämnda typ skall innehålla fyllnadsmedel som förhindrar en alltför kraftig penetrering av limmet, vidare får lösningsmedel ej förekomma.

Betong som gjutes mot en limmad yta skall hållas torrare än normalt på grund av att inget vatten sugas upp i underliggande betong.

• Lagningsmaterial

Som lagningsmaterial används epoxiplasterna för hål och skador i form av spackel, betonglagningsmassa och epoxibetong. Till exempel vid gjutsår, slagskador, salt-skador, skador vid elementframställning, vid betongpålskador. Ett annat exempel är som tätningsmaterial omkring infästningar, exempelvis runt räcke stolpar.

• Injektering

En annan specialvariant av limning med epoxiplast är injektering i sprickor och bom i betong och berg. Metoden går ut på att pumpa in lågviskös epoxiplast i sprickor. Plasten limmar därvid ihop de isärspruckna ytorna. Det finns mycket som talar för att en sprucken konstruktion skall repareras, nämligen:

1. En sprucken betong kan ej fördela belastningen den var avsedd för.
2. Sprucken betong fryser lätt sönder.
3. Korrosion uppstår i armering.
4. Rent läckage.

Injektering behandlas utförligare i kapitel ”Applicering och funktion”.

• Laminering

Inom bygg- och anläggning förekommer också laminering med epoxi och olika fibrer, främst glasfiber. Exempel på användning är invändig beläggning i kemikalietankar och renovering av avloppsrör.

Elektro och elektronik

Så som framgår av figuren är det största användningsområdet för epoxi elektro och elektronik. Epoxins elektriska isoleringsförmåga i kombination med liten fuktpåverkan gör den lämplig för tillverkning av kretskort som finns i de flesta apparater som TV, datorer, kameror etc. Även till komponenter, som kondensatorer, dioder och transistorer, används epoxi.

Epoxi används också för ingjutning av apparater för att skydda mot fukt eller andra aggressiva miljöer.

Flyg

Inom flygindustrin används epoxi i första hand som laminat. Styrkan hos ett kolfiber-epoxilaminat, i förhållande till vikten, är mycket hög i jämförelse med stål och aluminiumlegering. Den viktbesparing som görs innebär stora fördelar.

Modellflygplan för tävlingsändamål tillverkas ofta av epoxilaminat, även detaljer som propellrar tillverkas av kolfiber och epoxi.

Bil

Inom bilindustrin används epoxi främst som konstruktionslim och ersätter då svetsning. Dessa epoxilimmer är av enkomponentstyp, dvs. härdaren är inblandad i limmet. Härdning sker sedan på några sekunder vid hög temperatur. Inom bilindustrin används epoxi även för tillverkning av pressverktyg för plåt vid framtagning av nya bilmodeller. Extrema tävlingsbilar tillverkas som regel av epoxi och kolfiber.

Återigen är det styrka och låg vikt som gäller.

Marina konstruktioner

Till marina konstruktioner räknas naturligtvis alla typer av båtar. Av tradition tillverkas de flesta ”plastbåtar” av esterplast. När det gäller båtar med hög prestanda, t.ex. tävlingsbåtar, är epoxi ett bättre alternativ. Epoxins högre hållfasthet och lägre vattenabsorbktion gör att laminaten i skroven kan göras tunnare och därmed lättare.

Epoxi används i stor utsträckning för att hindra vattenabsorbktion i båtar byggda av esterplast. Vattenabsorbktionen i esterplast kan leda till hydrolys, dvs nedbrytning. Ett skikt på endast 0,3 mm epoxi förhindrar vatten att tränga in i esterplast.

På oljeborrplattformar används epoxi som skyddsbeläggning på stål, både som kraftiga golvbeläggningar och som avancerat korrosionsskydd.

Pulver

Med pulver menas i detta sammanhang högmolekylärt epoxiharts och härdare som malts tillsammans. Detta pulver kan sedan sprutas på ett upphettat underlag, där det smälter och härdar till en färgfilm. Exempel är tvättmaskiner och korrosionsskyddade armeringsjärn.

Emballage och band

Den invändiga lacken i t.ex. konservburkar utgörs ofta av epoxilacker. Porfrihet och kemikaliebeständighet utmärker sådana lacker.

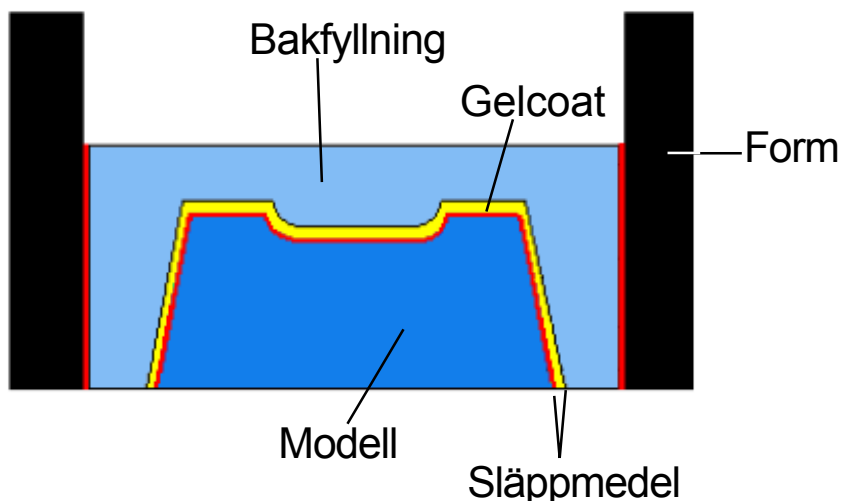
Övrigt

Inom övrigt kan mycket rymmas. En mycket starkt växande applikation är tillverkning av propellerbladen till vindkraftverk.

Epoxi används i relativt stor utsträckning för tillverkning av formverktyg. Exempel på sådan tillverkning kan vara plåtpressning, polyuretangjutning, RTM, vakuumformning, formsprutning och formblåsning.

Sådana verktyg används både för serieproduktion av detaljer och för snabb framtagning av prototyper.

*Exempel på
formtillverkning*



Ytpreparering

För att uppnå ett fullgott resultat med en beläggning, så räcker det inte med en tekniskt sett perfekt produkt. Underarbetet, ytemperaturen, fuktförhållande och betonghållfasthet är faktorer som har mycket stor betydelse. Alla föröreningar på ett underlag har negativ inverkan på vidhäftningen. Ytan som skall beläggas måste vara stark nog att hålla fast en beläggning. Vidare kan det vara ödesdigert att lägga en diffusionstät beläggning på ett betongunderlag där fukt vandrar mot ytan. Temperaturen måste självklart vara sådan att härdningen kommer till stånd inom rimlig tid.

Underlagets ythållfasthet

Betong och liknande cementbaserade produkter utgör ofta underlag för beläggningar av epoxiplast. Hållfastheten hos dessa beror i första hand på sammansättningen, men appliceringen och förhållandena under appliceringen kan ha stor inverkan på överytans drag och tryckhållfasthet. Man måste betänka att betong och epoxiplast har olika egenskaper vad gäller t.ex. längdutvidgningskoefficient och elasticitetsmodul. Vid uppvärmning eller avkylning av ett golv, så rör sig epoxibeläggningen betydligt mer än betongen. Det uppstår skjuvspänningar i gränsskiktet. Om inte underlaget har tillräckligt hög ytdraghållfasthet, så kan spänningarna förorsaka att beläggningen lossnar. Praktiska försök har visat att ett betong eller cementbaserat underlag behöver en ytdraghållfasthet på minst 1.5 MPa (ca 15 kp/cm²) för att kunna hålla kvar en beläggning. En normal golvbetong håller ca 3 MPa.

Cementhud även kallat laitanceskikt eller cementslamskikt har en draghållfasthet ner mot 0.1 MPa, och måste alltid tas bort före beläggning. Bäst görs detta med stål-kuleblästring eller slipning.

Man kan även använda sig av utspädd saltsyra (10 - 20%) för att avlägsna cementhud. Metoden är snabb men förknippad med vissa nackdelar, maskiner och järnföremål i lokalen rostar fort i saltsyrabemängd luft. Vidare måste de salter som bildas under saltsyrans inverkan på betongen bortskaffas, detta görs med kraftig vattenspolning och borstning. Man måste kontrollera att betongytan efter spolning har neutral eller svagt alkalisk reaktion, prova med pH-papper. Finns sprickor i betongen kan saltsyran tränga ner och förorsaka rostbildning på armeringen. Ytterligare en nackdel är att man väter ner ytan kraftigt och man måste därför vänta med beläggningen tills den är torr.

Draghållfastheten kan endast bestämmas genom mätning på platsen. Metoden som används kallas **Pull-off** metoden, och går ut på att mäta den kraft som åtgår för att dra loss pålimmade provklackar.

Lämpligt instrument är Elcometer 106 med skala 0 - 3.5 MPa, och utförs på följande sätt:

För att provklacken inte skall limmas snett i förhållande till instrumentets dragvinkel, skall **NM Centreringsdon** användas. Centreringsdonet består av en stålring och en rektangulär plexiglasskiva med ett spår.

Lägg stålringen på den rengjorda betongytan. Sätt en provklack i spåret på plexiglasskivan. Lägg skivan på ringen så att sidorna sammanfaller med ringens periferi. Provklacken skall gå att skjuta fram och tillbaka i spåret utan att röra vid betongytan.

Lyft upp skivan med provklacken. Blås betongen ren från damm. Applicera lim på provklacken. Se till att provklacken är intryckt så långt det går i spåret. Lägg ner skivan på ringen så att kanterna sammanfaller med ringens periferi. Tryck på provklacken så att överskottslim pressas ut. Provklacken vilar nu på plexiglasskivan.



När limmet härdat tages skivan bort. Tag bort det limöverskott som ligger utanför provklacken med hålsåg. Skjut på Elcometerns gripdon på provklacken och justera ringen så att yttersta delen av Elcometerns fötter sammanfaller med ringens periferi. Ställ skalans släpvisare på noll.

Håll fast instrumentet med den ena handen och vrid ratten med mjuka tag. Läs av värdet där släpvisaren stannat.

En provning bör alltid omfatta minst 5 provklackar.

Noteras bör att andra instrument och andra mätmetoder kan ge avvikande värden.

Underlagets renhetsgrad.

Alla föroreningar på en yta inverkar negativt på vidhäftningen. Vanligt förekommande föroreningar är damm, olja, fett och kemikalier. Damm på ytan utgör t.ex. en spärr för epoxiplasten att tränga ner i betongporerna och där förankra sig. Det måste avlägsnas och detta görs med kraftig dammsugare, att borsta ytan med kvast är ej tillräckligt.

Slipkax efter betongslipning kan vara svårt att dammsuga upp. Vattenspolning kan vara nödvändigt för att få ytan ren.

Är betongen nedsmutsad med maskinolja, fett eller liknande kan detta borttagas med emulgeringsmedel. Thinner och lacknфта får däremot inte användas eftersom dessa medel endast löser upp oljan och sprider ut den på en större yta eller djupare ner i betongen. Efter emulgeringen skall ytan avspolas med vatten.

Har olja trängt ned djupt i betongen kan det vara nödvändigt att fräsa av ytskiktet. Animaliska och vegetabiliska oljor kan avlägsnas genom tvättning med 10%-ig kausticsoda, härvid förtvålas oljorna och blir vattenlösliga.

Metallytor som skall beläggas måste vara rena från olja, fett, damm, rost, glödska etc. Det bästa sättet att rengöra metaller är blästring. Är ytan oljig kan det vara nödvändigt med en avtvättning med lösningsmedel, exempelvis thinner eller toluen, före blästringen. En nyblästrad yta angrips mycket snabbt av luftfuktighet och syre, beläggningen skall därför utföras så snart som möjligt efter avslutad blästring. Kan blästring ej utföras skall man slipa ytorna med slipskiva, stålborstning bör undvikas. Rostfria stålqualiteter kräver en specialprimer.

Betongytans fuktighetsgrad.

Betong innehåller efter tillverkning ett överskott av vatten. Överskottets storlek beror på betongkvaliteten. Allmänt kan sägas att det tar mycket lång tid för överskottsvattnet, vilket även benämns byggfukt, att torka ur en betongkonstruktion. Betongen benämns torr, då dess relativa fuktigheten står i jämvikt med den omgivande luftens relativa fuktighet. Torktiden kan i vissa fall uppgå till ett år.

I våt betong stiger vatten kapilärt genom betongens porsystem upp mot ytan. Denna process upphör inte när man lägger på ett diffusionstät material. Eftersom det tar relativt lång tid för epoxiplasten att härda så kommer vatten att anrikas i gränsskiktet betong - epoxi. Det räcker teoretiskt med en vattenfilm som är fem Ångström ($5 \cdot 10^{-7}$ mm eller 0.5 miljontedels millimeter) tjock för att vidhäftning skall utebli. Detta gäller för alla diffusionstäta material som är avsedda att vidhäfta ett underlag. Betong som är torr till jämvikt, kan utan problem beläggas med en diffusionstät beläggning.

Betong som inte har torkat till jämvikt kan endast beläggas med ett material som tillåter vattenånga att passera under härdningsprocessen. Sådana material kallas diffusionsöppna. Mängden vattenånga som kan passera under en viss tid är beroende av skiktjockleken.

Genom att kombinera en diffusionsöppen epoxiplast med en diffusionstät, är det möjligt att utföra täta beläggningar på våta underlag.

Betongens fuktighetsgrad kan mätas med hjälp av en hygrometer, men det är inte alltid nödvändigt att känna till det exakta mätvärdet. En övertäckt hygrometer på betongunderlaget ger en snabb indikation på om vatten vandrar mot ytan och avdunstar. Denna kontroll tillgår i praktiken så att en bit polyetenfolie läggs på golvet. Hygrometern placeras ovanpå plastfolien och får ligga där i ca 15 minuter för att ställa in sig på golvets temperatur. Hygrometern avläses nu och värdet noteras. Hygrometern placeras därefter under plastfolien och kanterna tätas med tex maskeringstejp. Efter en timma avläses hygrometern och värdet jämförs med det första. Om betongens fuktighet är i jämvikt med luftens, är det sista värdet samma som det första.

Temperatur

Före beläggning med epoxiplast måste ytemperaturen kontrolleras. Temperaturer mellan +13 och +25°C förorsakar sällan några problem.

Vid temperaturer under +8°C bör någon form av uppvärmning ske, under 4°C sker härdningen så långsamt att man bör undvika behandlingar med epoxi.

Vattenemulgerad epoxi behöver som regel minst +10°C på underlaget i kombination med god ventilation.

En faktor att ta med i beräkningen är att luften i betongporerna utvidgar sig när temperaturen stiger, t.ex. vid solsken eller stark uppvärmning. Detta kan förorsaka blåsbildning.

Det är alltså fördelaktigare att belägga betongen vid fallande temperatur.

Finns det risk för att en beläggning eller dylikt med epoxiplast skall kylas ned kraftigt under härdningsprocessen skall värme tillföras, t.ex. vid nattfrost. Det är nämligen så att en reaktion som avstannat kan vara svår att få igång.

Trä och träfiberplattor

Epoxiplast har en mycket god vidhäftning till trä men man skall betänka att trä är ett levande material som rör sig relativt mycket. Trä sväller som bekant i fukt, det gör däremot inte epoxiplast, varför kraftiga spänningar uppstår. På träfiberplattor eller board kan däremot beläggningar utföras med gott resultat.

Blandning

Alla epoxiprodukter är två- eller flerkomponent produkter. Såsom tidigare beskrivits måste ett epoxiharts blandas med en härdare för att bli en plast. De inbördes mängderna av harts och härdare är noggrant bestämt, det varierar visserligen från fall till fall beroende på typ av harts och härdare, men i varje enskilt fall får det föreskrivna blandningsförhållandet ej ändras.

Vad som skall komma till stånd är en kemisk reaktion mellan syret i epoxihartset och vätet i aminerne i härdaren. Detta förutsätter att härdaren blandas mycket omsorgsfullt med epoxihartset så att alla härdarmolekyler kommer i kontakt med epoximolekyler. De skall liksom kroka i varandra för att bilda plastens jättemolekyl.

Schematiskt kan man rita det hela så här:

Ringarna med två krokar är epoximolekyler och ringen med fyra öglor är en härdarmolekyl. Om inte alla krokarna fastnar i öglorna blir det ingen hel epoxiplastmolekyl.

Limmet, beläggningen eller vad det är, blir försvagat, mjuka fläckar uppstår, hållfasthet och kemikalieresistens försämras.

Om förhållandet mellan epoxiharts och härdare (blandningsförhållande) är felaktigt, så hjälper det inte med en perfekt omrörning. Överskottet av den ena eller andra komponenten kommer alltid att förbli oreagerat.

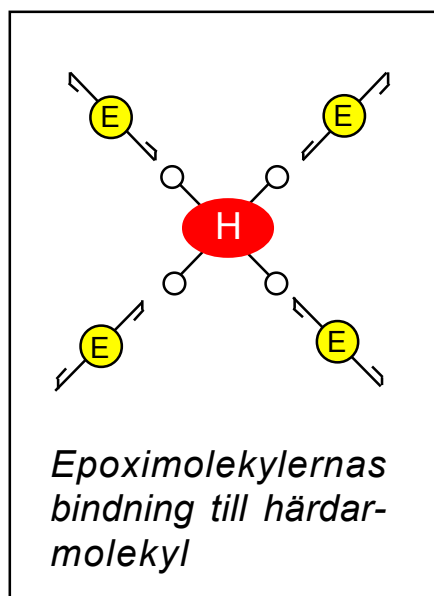
Detta sätter naturligtvis ner epoxiplastens fysikaliska egenskaper. Det kan inte nog betonas vikten av att använda satsförpackad epoxi och härdare. Är komponenterna uppvägda på fabrik med ett fungerande kvalitetssystem så är risken för felaktiga blandningsproportioner så gott som obefintliga.

Skall en satsförpackning trots allt delas, så skall detta ske med hjälp av våg med tillräcklig noggrannhet. Blandningsförhållandet angivet i viktdelar skall finnas på förpackningen. Att dela förpackningar med volymmått kan ge mycket allvarliga fel.

Små mängder det vill säga upp till ca 1 kg kan man blanda för hand med en rörkäpp som måste vara rektangulär.

Lämplig dimension är ca 10 x 40 x 400-500 mm.

Att försöka blanda epoxi med hjälp av en rundstav, skruvmejsel eller en bit armeringsjärn är dömt att misslyckas. Större mängder är omöjliga att för hand blanda till-



fredsställande, man får då ta till elektrisk eller trycksluftdriven maskinblandare t.ex. en lågvarvig bormaskin med stänkskydd och lämplig blandarvinge (se fig.).

Epoxibetong och andra massor med låg bindemedelshalt kan blandas i tombola eller tvångsblandare. Epoxiharts och härdare skall alltid blandas noga innan fillermaterial tillsätts.

Före blandningen av epoxiplasten kan det vara nödvändigt att temperera komponenterna, detta kan då göras med varmluft eller i vattenbad.

Öppen låga får ej användas.

Bäst är att lagra produkterna i uppvärmd lokal. På en arbetsplats förekommer ofta flera olika typer av epoxi och härdare, sortera alltid upp var sort för sig så att misstag undviks. Vid större arbetsställen upprättar man en blandningsstation där en man ansvarar för blandningen, det är det viktigaste arbetsmomentet.



*Exempel på
blandervinge*

Vidhäftning

Vid alla målnings och beläggningsarbeten är det viktigt att försäkra sig om att inte fukt kondenserar på underlaget under arbetets gång. Vatten i gränsskiktet kan förhindra vidhäftningen mellan epoxi och underlag. Kondenserat vatten kallas i dagligt tal för dagg.

Vattenånga är löslig i luft upp till en viss mängd som beror på luftens temperatur. Ju varmare luften är, ju mer vattenånga kan den lösa.

När luften är mättad med vattenånga har man uppnått mättnadsånghalten.

Vid + 20°C är t.ex. luftens mättnadsånghalt 17,3 g / m³. Detta kan också anges som att luftens relativa fuktighet (RF) är 100%.

Luft som vid + 20°C innehåller 10,4 gram vatten per kubikmeter har alltså en relativ fuktighet av $(10,4 / 17,3) \times 100 = 60,1\%$.

När luft som innehåller en viss mängd fukt kyls av, så kommer den så småningom att uppnå mättnadsånghalten. Denna temperatur kallas för daggpunkten.

Genom att mäta luftens relativa fuktighet med hjälp av hygrometer, kan man med hjälp av en daggpunktstabell fastställa daggpunkten för den rådande lufttemperaturen.

Av tabellen kan man t.ex. se att daggpunkten vid en lufttemperatur på +20°C och en relativ luftfuktighet på 60% är +12°C, dvs om temperaturen faller från +20°C till +12°C så faller dagg ut. För att vara säker på att inte dagg faller ut på den yta som beläggs, bör den ha en temperatur som är minst 3°C över daggpunkten, alltså +15°C i ovanstående exempel.

Ett annat fenomen som kan påverka vidhäftningen mellan härdad epoxi och ett nytt lager epoxi är epoxihärdarens förmåga att bilda olösliga aminkarbonater och aminkarbamater.

Detta sker under härdningsförloppet vid aminerens reaktion med luftens innehåll av koldioxid (CO₂) och vatten. Olika härdartyper har olika benägenhet till karbonatisering. Rena aminer har t.ex. större benägenhet än aminaddukter. Låg härdningstemperatur gynnar dessutom karbonatbildning.

För att förvissa sig om en god vidhäftning är det nödvändigt att avlägsna ett eventuellt karbonatskikt. Det kan vara svårt att avgöra om ett epoxiskikt är överdraget med en karbonathinna eller ej, den är nämligen inte synlig för blotta ögat.

Slipning eller snarare nedmattning är oftast tillräckligt. Många gånger kan det räcka med en primering med vattenemulgerad epoxi, beroende på att aminkarbonatet är något vattenlösligt.

Daggpunktstabell

Luft-temperatur	Daggpunkt i °C vid relativ fuktighet av								
°C	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
5	-4,1	-2,9	-1,8	-0,9	0,0	0,9	1,8	2,7	3,6
6	-3,2	-2,1	-1,0	-0,1	0,9	1,8	2,8	3,7	4,5
7	-2,4	-1,3	-0,2	0,8	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5
8	-1,6	-0,4	0,8	1,8	2,8	3,8	4,7	5,6	6,5
9	-0,8	0,4	1,8	2,7	3,8	4,7	5,7	6,6	7,5
10	0,1	1,3	2,6	3,7	4,7	5,7	6,7	7,6	8,4
11	1,0	2,3	3,5	4,6	5,6	6,7	7,6	8,6	9,4
12	1,9	3,2	4,5	5,6	6,6	7,7	8,6	9,6	10,4
13	2,8	4,2	5,4	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6	11,4
14	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4
15	4,7	6,1	7,4	8,5	9,5	10,6	11,5	12,5	13,4
16	5,6	7,0	8,3	9,5	10,5	11,6	12,5	13,5	14,4
17	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3
18	7,4	8,8	10,2	11,4	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3
19	8,3	9,7	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3
20	9,3	10,7	12,0	13,3	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3
21	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3
22	11,1	12,5	13,8	15,2	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3
23	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,4	19,4	20,3	21,3
24	12,9	14,4	15,7	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3
25	13,8	15,3	16,7	17,9	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2
26	14,8	16,2	17,6	18,8	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2
27	15,7	17,2	18,6	19,8	21,1	22,2	23,2	24,3	25,2
28	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	25,2	26,2
29	17,5	19,1	20,5	21,7	22,9	24,1	25,2	26,2	27,2
30	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2

Förhållandet mellan relativa fuktigheten, lufttemperaturen och daggpunkten.

Applicering och funktion

Epoxiplasterna har som framgått många användningsområden, och varje område kräver sin speciella appliceringsmetod. Slutresultatet är alltid en funktion av materialegenskaper, underlagets egenskaper och utförandet. Några av de användningsområden som berörts i denna bok, skall här appliceringstekniskt beskrivas.

Impregnering

Den enklaste behandling som utförs på betongunderlag är impregnering med lågviskös epoxiplast. Syftet är att förstärka betongens ytskikt såväl mekaniskt som beständighetsmässigt. Som epoximaterial används vattenemulgerad epoxi, lösningsmedelshaltig epoxi eller lösningsmedelsfri epoxi. Materialen är alltid opigmenterade och utan fyllnadsmedel.

Appliceringen utförs med hjälp av gummiskrapa med skaft. Lämplig bredd är 40 - 60 cm. Ytan skall mättas med epoxiplast. För att undvika blankfläckar är det lämpligt att efterrolla med filtroller. För lösningsmedels och vattenhaltig epoxi är det nödvändigt med god ventilation.

Primering

Betong och andra sugande underlag som skall beläggas skall alltid primeras först. Primern har flera uppgifter att fylla. Den skall mätta betongen så att inte bindemedel från beläggningen försvinner ner i underlaget istället för att ge styrka i ytskiktet. Vidare borgar primerns låga viskositet för god vätning mot underlaget, vilket är av största betydelse för vidhäftningen. Primern kan också om den är diffusionsöppen, strypa fuktflöde från underlaget och därmed göra det möjligt att applicera en diffusionstät beläggning på ett fuktigt underlag.

Epoxi för primering kan vara lösningsmedelsfri, lösningsmedelshaltig eller vattenemulgerad. En lösningsmedelsfri primer kan appliceras i flödiga skikt och därmed ge god utfyllnad av porer och håligheter. Däremot är det olämpligt att använda denna typ på fuktiga underlag om den inte är diffusionsöppen.

Lösningsmedelshaltig primer har en god inträngningsförmåga i porösa underlag, men det innebär att även lösningsmedlet tränger ner. Eftersom epoxi har en mycket hög lösningsmedelsretention, d v s förmåga att hålla kvar lösningsmedel, så är det stor risk att stänga inne lösningsmedel under en efterkommande beläggning. När det gäller primering av icke sugande underlag som t.ex. en blästrad ståluta, så är det ofta en fördel med några procent fettlösande lösningsmedel. En lösningsmedelsfri primer kan inte lösa ens små fettmängder. Detta innebär att t.ex. fingeravtryck på en renblästrad yta kan ge upphov till försämrade vidhäftning om primern är helt fri från lösningsmedel.

Den vattenemulgerade primern kan som regel appliceras på såväl torra som fuktiga underlag. Underlagets temperatur och luftens relativa fuktighet måste vara kontrollerade för att garantera att vattnet i epoxiprimern kan avdunsta. Som regel gäller +10°C på underlaget och maximum 80% relativ fuktighet i luften. Vattenemulgerad epoxi kan inte läggas i tjocka skikt. Primermaterial appliceras med roller eller fördelas med gummiskrapa och efterrollas. Ofta är det nödvändigt att upprepa primeringen för att uppnå önskat syfte.

Lösningsmedelsfri och lösningsmedelshaltig epoxiprimer skall alltid beläggas så snart som möjligt. Detta betyder i praktiken efter 12 - 24 timmar. Om inte primerskiktet är belagt efter 6 - 7 dygn, finns stor risk för dålig vidhäftning mellan epoxiskikten. Detta har med epoxins karbonatisering att göra. En vattendispergerad primer innehåller som regel så små mängder av fria aminer att karbonatisering inte kommer till stånd. Denna typ av primer kan därför beläggas upp till en månad efter applicering, förutsatt att ytan rengörs från eventuella föroreningar.

Tunnskiktsbeläggningar

Med tunnskiktsbeläggning avses här pigmenterad epoxiplast för skikt från ca 0,3 - 1 mm.

Dessa beläggningar är avsedda att lämna en homogen, kontinuerlig film som skyddar underlaget mot slitage och kemikalier. Ytan kan göras slät eller halkfri. Materialåtgången måste avpassas till underlagets ytprofil för att uppnå en viss minsta skikt-tjocklek.

Tunnskiktsbeläggningar för 0,3 mm kan vara vattenemulgerade / dispergerade och appliceras som regel i två omgångar med hjälp av roller. Denna typ av beläggning kan vara genomsläpplig för vattenånga. Halkskydd i form av kvartssand eller glaspärlor kan ströas i det första skiktet innan det har härdat.

Lösningsmedelsfria beläggningar kan appliceras med roller upp till ca 0,5 mm.

Tjockare skikt läggs med läggstål. Halkskydd kan ströas i den ohärdade beläggningen.

Båda de beskrivna typerna av tunnskiktsbeläggningar kan glesströas med färgade flingor för att ge ytan ett dekorativt utseende.

Flingade ytor skall alltid ges ett lackskikt.

Om beläggningen är avsedd att vara diffusionsöppen så måste även lackskiktet vara diffusionsöppet. Ytlacken appliceras med filt eller mohairroller i ett jämt skikt.

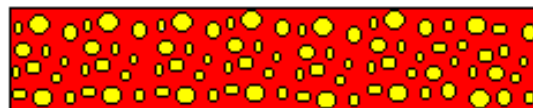
Massabeläggningar

Massabeläggningar av epoxiplast innefattar flera olika typer. En gemensam nämnare är att de innehåller epoxi som bindemedel till mineraliska fyllnadsmedel. Oftast utgörs fyllnadsmedlet av kvartssand i olika fraktioner.

Massabeläggningar kan enkelt indelas i tre typer:

1. Självutjämnande massor
2. Torrmassor
3. Strömassor

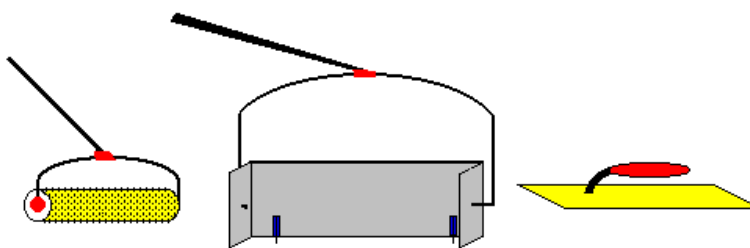
En självutjämnande epoximassa består av omkring 35% bindemedel och resten fyllnadsmedel och pigment. De läggs vanligtvis i skiktjocklek 2 - 4 mm. Fyllnadsmedlet skall vara graderat så att kornmax utgör ca 1/3 av skiktjockleken. Vidare skall fyllnadsmedlet vara jämt fördelat från botten till ytan efter det att massan har härdat. Bindemedelshalten i självutjämnande massor är tillräcklig för att varje fyllnadsmedelskorn skall bli omgivet av bindemedel. De kan alltså betraktas som helt täta.



Självutjämnande massa med graderat fyllnadsmedel

Utläggningen görs med läggstål, stiftraka eller specialapplikator. Efter utläggningen piggrullas ytan som regel, för att punktera eventuella luftblåsor.

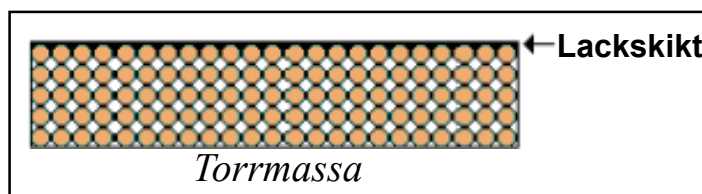
Avslutningar skall utföras med ett ca 5 mm djupt spår i underlaget. Halkskyddsmaterial kan ströas i massan innan den härdat.



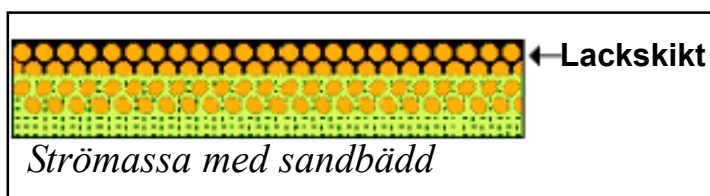
Piggroller, Specialapplikator och läggstål

Torra massor består av epoxibindemedel och kvartssand. Ofta är kvartssanden färgad för att ge beläggningen ett dekorativt utseende. Bindemedelshalten är låg, vanligtvis mellan 14 och 16 viktprocent.

Torrmassor läggs normalt i skiktjocklek 3 - 6 mm. Den låga bindemedelshalten räcker inte att fylla hålrummen mellan sandkornen, och beläggningar av denna typ kan inte betecknas som helt täta. Utläggning av torrmassor sker antingen genom stockning på utlagda lister eller med ett handdraget tråg med inställbar spalt, en så kallad sloda. Efter utläggning glättas ytan med stål eller helikopterglättare. Dagen efter när massan härdat, förseglas ytan med en epoxilack.



Strömassor byggs upp genom att torr, oftast färgad kvartssand ströas i ett utlagt epoxibindemedel. Beroende på hur beläggningen byggs upp, kan slutresultatet betraktas som tätt eller otätt. Om bindemedlet utgörs av en ofylld epoxi som



rollas på underlaget, kommer detta att kapilärt sugas upp i sanden. Massan får då en porös struktur. Om epoxibindemedlet istället innehåller fyllnadsmedel som snabbt separerar efter utläggningen, bildas en bädd för den iströade sanden. Efter mättnad utgörs den fria sandtjockleken i ytan av ca 1,5 - 2 korn.

En såpass tunn öppen struktur kan lätt mättas med ytlack och beläggningen kan betecknas som helt tät.

Appliceringen tillgår så att ett epoxibindemedel fördelas i ett jämt skikt på underlaget. För system med fyllnadsmedel används stiftraka eller specialapplikator. Ofyllda epoxibindemedel appliceras med gummiraka och efterrollas.

Efter utläggning av epoxibindemedlet, ströas sanden på ytan till full mättnad. Blanka fläckar får inte förekomma. Dagen efter tas överskottssanden bort, ytan skrapas med stålspackel på skaft för att ta bort uppstickande korn. Efter noggrann dammsugning lackas ytan med epoxi. Lacken fördelas med gummiskrapa och efterrollas. Denna typ av beläggningar får automatiskt ett inbyggt halkskydd.

Graden av strävhet regleras med lackmängden.

Normalt utförs beläggningen i tjocklek 3 - 5 mm.

Injektering

För att kunna injektera epoxiplast i sprickor bör man ha en specialutrustning, det finns flera modeller av sådana apparaturer.

Två vanliga injekteringsutrustningar är avbildade på nästa sida. I vissa fall kan man klara sig med självtryck, t.ex. vid bominjektering i golv.

Det väsentliga med apparaterna är att de har en tryckmätare.

Normalt fordras inget större tryck än 0,03 till 0,3 MPa varför handpump oftast kan användas.

Tillvägagångssättet vid injekteringsarbete är följande:

Betongytan rengörs på en bredd av 10 cm på var sida om sprickan. Munstycken (injekteringsnipplar) limmas med kontaktlim över sprickan. Avståndet mellan munstyckena avgörs i varje särskilt fall. Allmänt kan sägas att avståndet skall vara längre mellan injekteringsnipplarna ju större sprickbredden är. Avståndet bör inte överstiga 20 cm vid en sprickbredd av 0,5 mm och inte 50 cm vid c:a 1,5 mm.

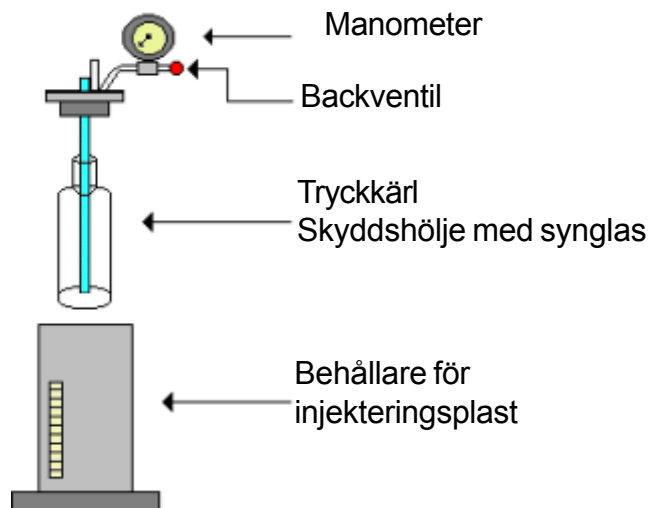
Runt munstyckena och över sprickan mellan munstyckena tätas med epoxispackel. Är sprickan genomgående och baksidan åtkomlig, skall sprickan tätas där också. Alla sprickor som har samband med varandra skall vara försedda med munstyckena. De enda ingångarna till sprickan eller sprickorna är nu via munstyckena. För att kon-

trollera öppningen blåses torr tryckluft igenom. Injekteringsplasten skall vara så lågviskös som möjligt. Är temperaturen mycket låg i betongen som skall injekteras (under 8°C) stiger viskositeten på injekteringsplasten när den kyls ned och injekteringen går mycket långsamt. I sprickor under 0,2 mm kan det då vara omöjligt att pressa in plast. **Tillsats av lösningsmedel får inte förekomma!**

Vanligtvis använder man sig av epoxisystem med lång potlife.

Epoxiharts och härdare blandas mycket noggrant enligt föreskrivna blandningsförhållande. Blandningen hålls i injekteringsbehållaren (om man använder slangpump, förs sugslangen ner i epoxiblandningen) och utloppsslangen ansluts till det lägst belägna munstycket, injekteringsnippeln. Ju djupare sprickan är desto långsammare skall intryckningen av plast ske d.v.s. ett så lågt tryck som möjligt.

Efter hand som plast kommer fram ur de andra munstyckena tillsluts de med propp. Injekteringen fortsätter från första munstycket så länge som plast tränger in i sprickan. När ingen mer plast tränger in, flyttas slangen till nästa rör o.s.v.



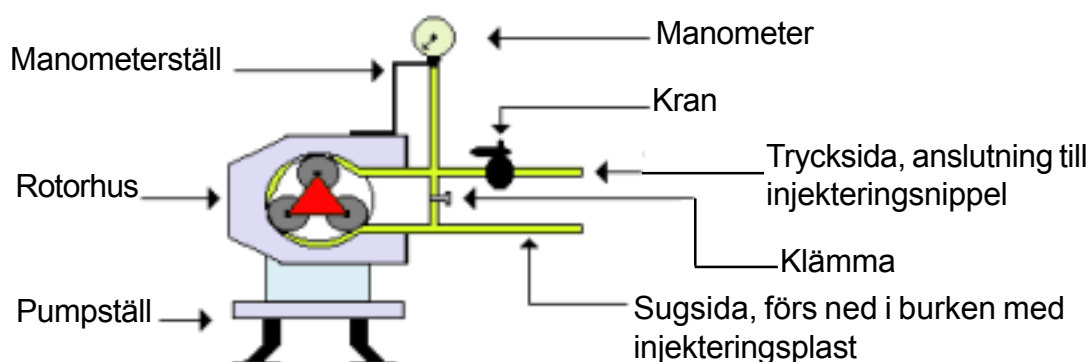
Injekteringsutrustning av modell tryckkärl.

På det översta röret går man upp med en meter slang som binds upp. Injekteringen fortsätter tills denna slang är fylld. Då avbryts inpumpningen temporärt. Efter hand som hålrum och mikrosprickor fylls med plast sjunker nivån i den uppbundna slangen. Detta kompenseras med att mer injekteringsplast trycks in i sprickan. På detta sätt fortsätter man tills sprickan är mättad.

Munstycken och yttätning får sitta kvar någon dag tills plasten härdat.

Vid injektering av bom i golv måste man vara mycket försiktig med avseende på trycket.

Ett tryck på 0,1 MPa ger en lyftkraft på 100 KN / m² (10 ton / m²).



Injekteringsutrustning modell slangpump

Limning av ny betong mot gammal

För att fästa ny betong mot gammal eller mot annat underlag kan epoxiplast användas på två sätt.

Den första metoden är en regelrätt limning, och tillgår så att epoxilimmet fördelas jämt över den yta som skall pågjutas. På det ohärdade limmet utförs betonggjutningen. Limmet skall påföras flödigt. Normal åtgång är ca $0,5 \text{ kg} / \text{m}^2$. Limmets öppentid, d v s den tid som står till förfogande att gjuta betong efter det att limmet är applicerat, måste beaktas.

Denna tid varierar med underlagets temperatur. Betongen skall hållas något torrare än normalt, eftersom inget vatten kommer att sugas upp av den gamla betongytan. Härdningstiden är relativt lång för den här typen av lim. Den andra metoden tillgår så att ett epoxibindemedel appliceras på den gamla betongen. Ytan ströas med kvartssand till full mättnad. Dagen efter sopas överskott av sand bort och pågjutning kan ske. Metoden lämpar sig särskilt för självnivellerande avjämningsbruk.

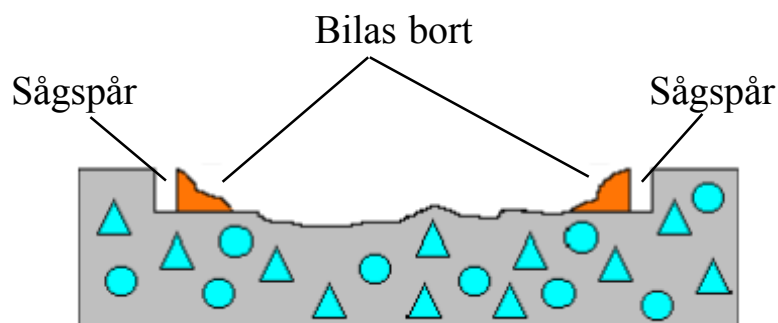
Reparation av hörn, kant och ytskador

Generellt för alla reparationer och skador i betong gäller att man skall undvika att spetsa ut ilagningen till noll. Det gäller särskilt för golv med hård belastning.

Orsaken är att betongen har en sämre tryckhållfasthet än epoxi. Vid tunna skikt finns det risk för att betongen kan krossas under reparationen och då uppstår en ny skada. Tillvägagångssättet är därför att skära ett spår som är minst tre millimeter djupt i skadans gräns, och därefter bila bort en del av ytskiktet.

Reparationsmaterialen utgörs av epoxispackel eller bruk av epoxibindemedel och kvartssand.

Skador på en epoxibeläggning prepareras på samma sätt med ett skuret spår. Reparationen utförs sedan med samma material som beläggningen.



Laminering

Att laminera betyder att tillverka något av flera skikt. Epoxi används i stor utsträckning tillsammans med glas, kol, aramid och polyesterfibrer för tillverkning av laminat.

Sådana laminat används dels självständiga t.ex. i bilkarosser, båtar och flygplansdetaljer dels i samband med underlag som stål eller betong för invändig beläggning i tankar och cisterner.

Grundprincipen för all laminering med fiber och en matris (t.ex. epoxiplast) är att matrisen skall omsluta varje enskild fiber i fiberknippena.

Varje fiberknippe i en glasfiberväv innehåller omkring 400 fibrer med en diameter på ca 10 μm (1 μm = 1/1000 mm). Epoxiplasten måste ha en god vätförmåga och en god vidhäftning till fibrerna. (För att försäkra sig om att luften i fiberknippena kommer ut, används gummiskrapa eller korthårig rulle för att pressa in epoxin.)

Olika metoder att tillverka laminat är t.ex. handuppläggning, injektering, pre-preg, pultrusion och filament winding.

När flera lager av väv skall användas, strävar man efter att arbeta vått i vått till dess att full tjocklek är uppnådd. Väven skall alltid läggas med överlapp på 5 - 10 cm. Vid flera lager skall det tillses att skarven förskjuts. Vävar har maximal hållfasthet i fiberriktningen, vilket kan utnyttjas i många fall.

Vid laminering på betong eller stål i cisterner, så börjar man med väggarna. Väven släpps ut ca 30 cm på golvet. I övergången mellan vägg och golv skall ett hålkäl vara utfört med epoxispackel, så att väven får en mjuk övergång. Alla våder skall vara tillskurna i förväg. Lamineringsepoxin appliceras på väggen med rulle. Väven fästes och bearbetas med gummispackel så att inga luftblåsor och veck finns kvar. Ytan mättas därefter med lamineringsepoxi.

När lamineringen på väggarna är klar och härdad, spacklas skarvarna med epoxispackel.

Väven som släppts ut på golvet slipas fri från lösa trådar och ojämnheter.

Golvvåden mäts upp och skärs till så att den kommer ett par centimeter från väggen. Den första våden läggs ut på den torra botten. Lamineringsepoxin hälls ut på väven och fördelas med gummiskrapa. Väven skall mättas med en gång. Våd nummer två läggs så ut med ca 10 cm överlapp och lamineringsepoxi påförs på samma sätt.

Skall två lager väv läggas, så är det genomförbart genom att klyva den första våden i andra lagret. Detta för att skarvarna skall bli förskjutna.

Betongisolering

Betong som utsätts för aggressiv miljö måste skyddas. Epoxiplast är tack vare sin mycket höga alkaliresistens, ett lämpligt material för detta ändamål.

Ett exempel på betong i svår miljö är broar där vatten, salt och luftföroreningar ständigt påverkar oskyddade betongdelar. En av brodetaljerna som skyddas med epoxi är kantbalkens insida. En tixotrop epoxi påförs i två skikt så att tjockleken på isoleringen uppgår till minst 0,5 mm.

Appliceringen sker vanligtvis med pensel.

Vid allt utomhusarbete, måste man ta hänsyn till väderleken. Temperaturen har en kraftig inverkan på såväl epoxins härdningstid som på viskositeten. Fukt, både i betongen och i luften, kan ställa till problem med vidhäftning och blåsbildning. Man skall försäkra sig om att betongen har en temperatur som ligger ca 3°C över aktuell daggpunkt. (se vidare kapitel vidhäftning). Den blåsbildning som ibland uppkommer innan epoxin har härdat, har ofta sin naturliga förklaring och grundar sig på rent fysikaliska lagar. Vid uppvärmning av gaser utvidgas dessa för varje grads höjning med $1/273$ av dess volym vid 0°C.

Trycket som uppstår i en gasblandning som t.ex. luft och vattenånga är lika med summan av komponenternas partialtryck (deltryck). I betong som har en hålvolym på ca 15%, består gaserna av luft och vattenånga. Om man för enkelhetens skull antar att luften i betongen är mättad med vattenånga, gäller följande:

Om volymen på en luftpor sätts till 1 vid 0°C, så ökar gasvolymen till 1,09 vid en temperaturhöjning till 20°C. Om vi sätter volymen till 1 vid 20°C och höjer temperaturen till 40°C, så ökar gasvolymen till 1,16 eller med 15,6%.

Betong har alltid en viss porositet i ytan. Denna framkommer tydligt vid blästring.

Om inte porerna blir fyllda med epoxi vid appliceringen, så kommer det att finnas ett tunt skal över håligheterna. Ett litet temperaturläskott innebär att gasvolymen i de övertäckta håligheterna ökar. Eftersom den ohärdade epoxin inte kan stå emot trycket så bildas blåsor.

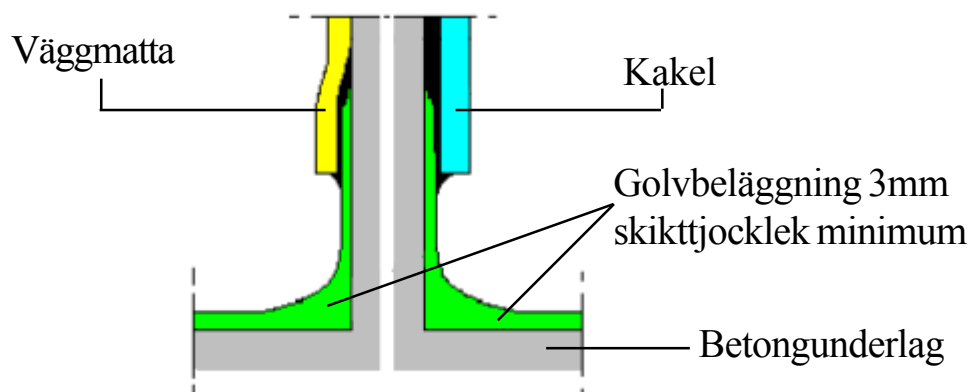
För att undvika blåsbildning bör man tänka på följande:

1. Undvik uppvärmning av betongytan
2. Applicera helst på morgonen då betongen är sval
3. Undvik direkt sol
4. Försök att fylla porerna vid applicering
5. Låt inte epoxiburken stå i solen. Förhöjd temperatur medför förkortad potlife med kraftig temperaturstegring, försämrade våtning och vidhäftning som följd
6. Späd aldrig ut epoxin med lösningsmedel

Detaljlösningar

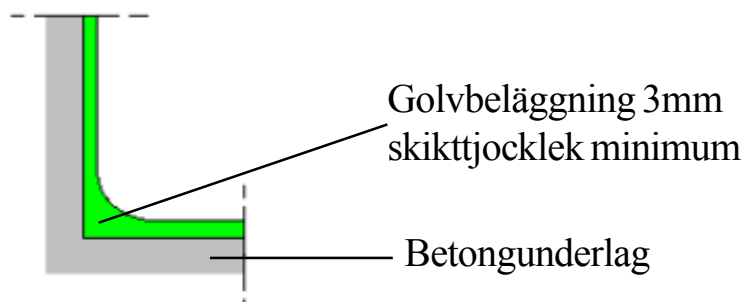
Anslutning till bärande vägg.

Väggbeklädnad, kakel eller väggmatta dras ned om lott med sockelbehandling ca 50 mm. Underkanten av väggbeklädnaden tätas med fogmassa typ byggsilikon (ej ättiksyrebaserad).



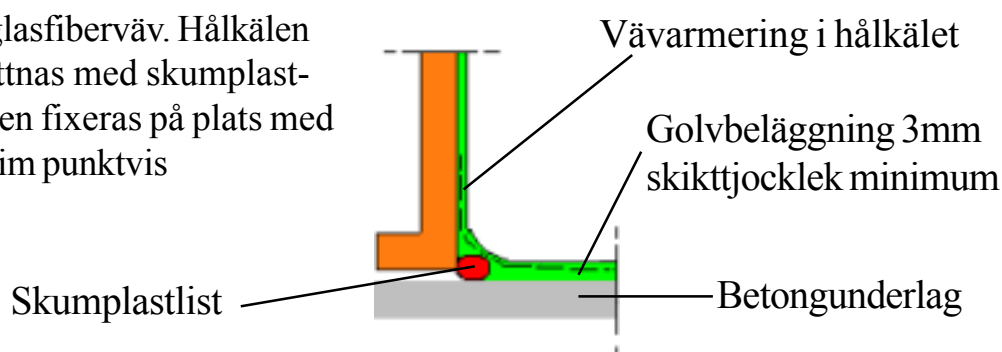
Sockelbehandling.

Väggfärg i samma kulör som golvmassan. Sockelhöjd 100 - 200 mm. Hålkäl utformas med radie ca 30 mm med elastiskt epoxispackel.



Anslutning till icke bärande vägg (ex. kylrum)

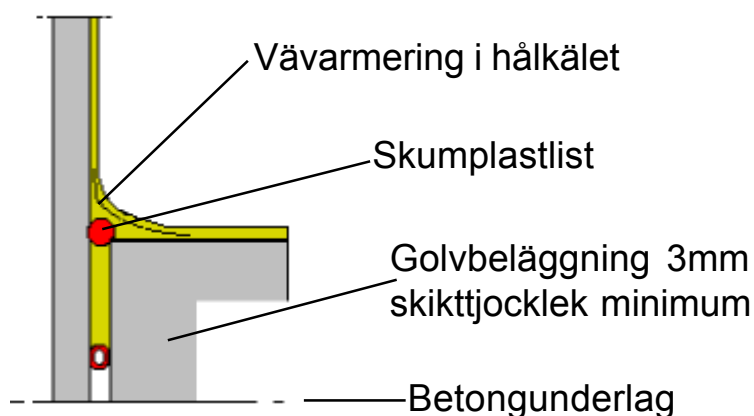
Utförs lika som anslutning till bärande vägg med skillnaden att hålkälen förses med armering av glasfiberväv. Hålkälen skall bottenas med skumplastlist, vilken fixeras på plats med kontaktlim punktvis



Anslutning till fristående, nedsänkt vägg (ex. frysrumsenhet)

Utförs lika anslutning till icke bärande vägg. Fogspalt mellan vägg och betongunderlag tätas med inpressad tätningsslang.

Hålkälen bottnas med skumplastlist. Hålkälsradie något större än vid vägganslutning enligt ovan. Här ca 50 mm.



Anslutning till höj- och sänkbar golvbrunn, s.k. teleskopbrunn.

Teleskopbrunnar förekommer i storkök som utslagsbrunnar vid t.ex. kokgrytor.

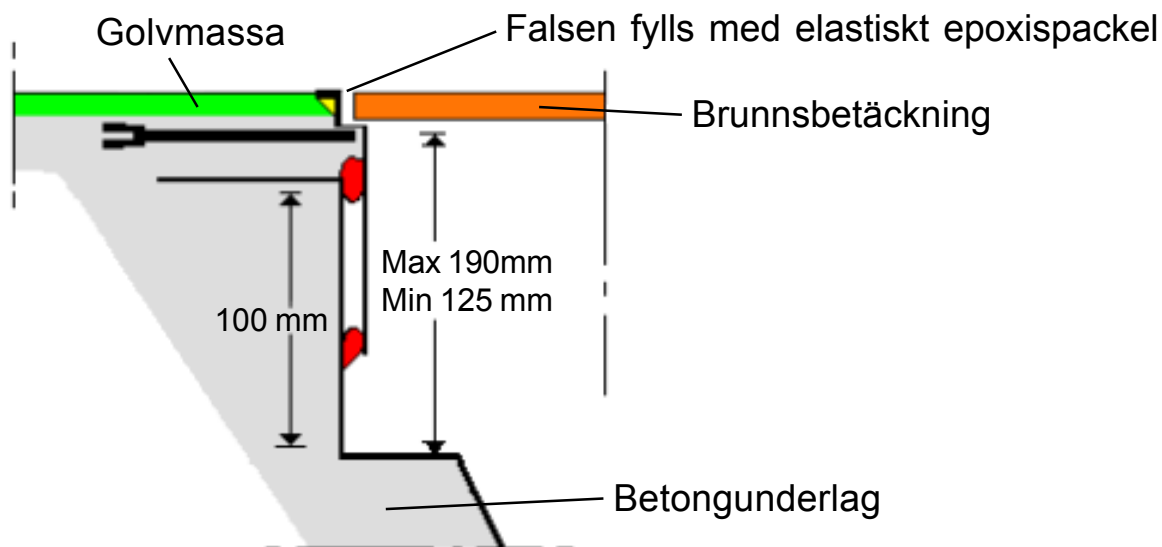
Fyll, före montering av brunnens överdel, falsen runt överdelen med elastiskt epoxispackel för att säkerställa att falsen blir helt fylld. Tillse att elastspacklet täcker den del av brunnskanten som golvmassan ansluter till.

För fastgjutning av överdelen tätas öppningen mellan överdel och bottendel med inpressad tätningsslang.

Vid fastgjutning av överdelen görs ursparing i bruket som medger att beläggningstjockleken ökas till 2 å 3 ggr. t närmast brunnen.

Tjockleksökning görs som vid fast golvbrunn på en längd av ca 400 mm.

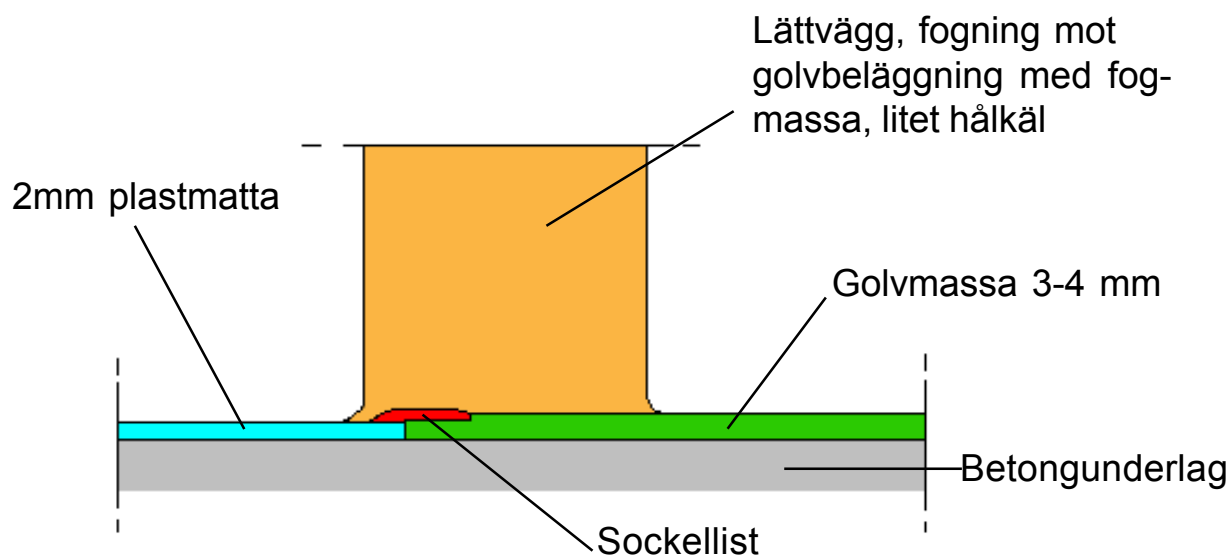
Golv omkring denna typ av brunnar utförs normalt med fall 1:50 till 1:100 mot brunnen varför lokala fall ej erfordras. Spaltöppningen mellan överdel och bottendel tätas nedtill efter montage med fogmassa typ byggsilikon (ej ättiksyrabaserad).



Anslutning i dörröppning till golvmatta.

Tröskellist 38 eller 30 mm mässing hellimmas till underlaget med elastiskt epoxispackel.

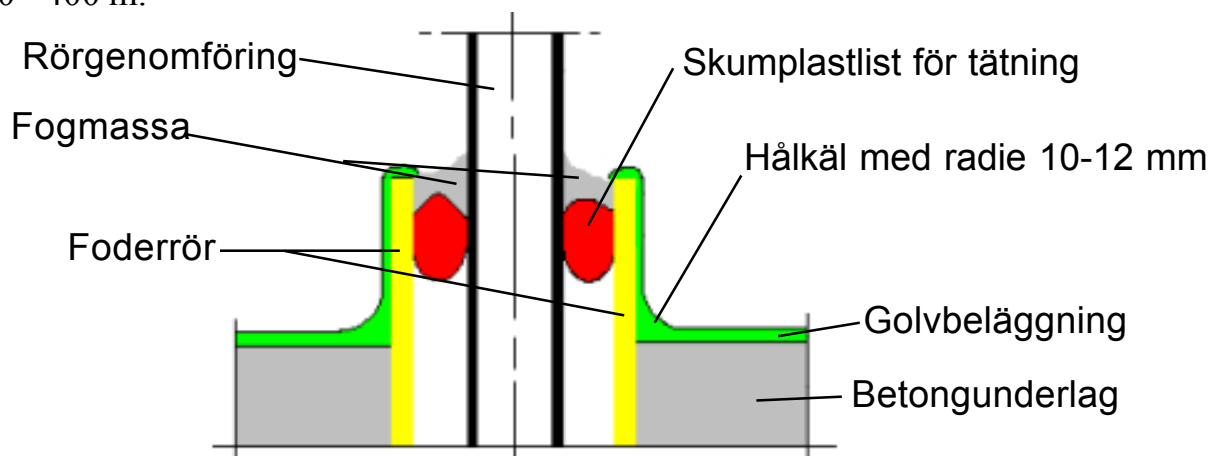
Skrubar för fixering av skena byts mot spackel efteråt om hel tätning önskas.



Anslutning till foderrör för rör genomföring.

Golvbeläggningen ansluts till foderröret med hålkål radie 10 - 20 mm.

Hålkälet utformas med elastiskt epoxispackel. Över hålkål och foderrör samt ned på insidan av foderröret påförs en beläggning i samma färg som golvsockeln, tjocklek 300 - 400 m.



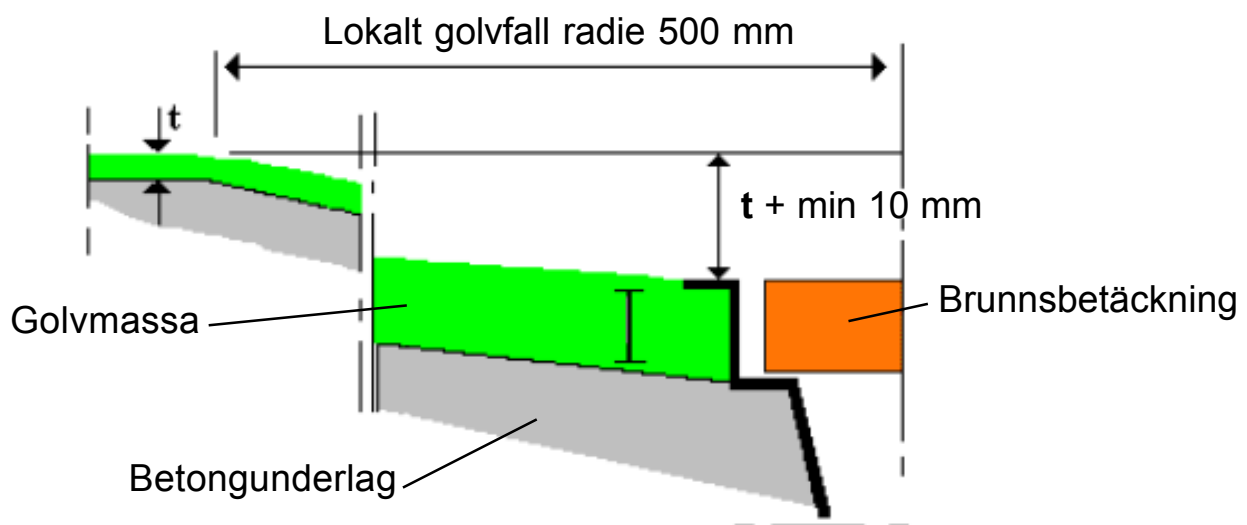
Tätning mellan rör och foderrör görs med skumplastlist och förseglas med fogmassa typ byggsilikon (ej ättiksyrebaserad).

Utförande av betongunderlag vid golvbrunn.

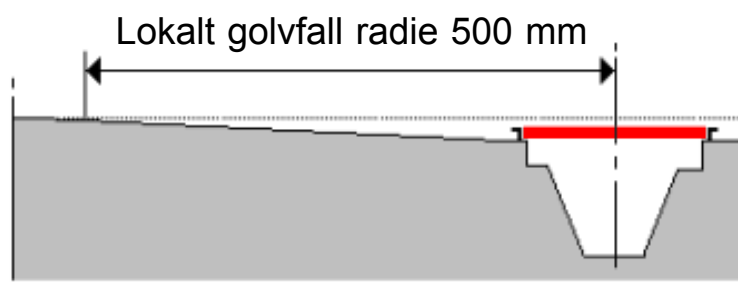
Välj golvbrunn med smal öppen kantkrage, ej brunn med klämring av sådan typ som används för golvbeläggning med golvmatta.

Välj rostfri brunn, ej plastbehandlad stålbrunn.

I rum med plant golv utformas lokalt fall med radie ca 500 mm i undergolv och golvbeläggning. Fall i undergolv görs dessutom något brantare för att ge utrymme för tjockleksökning i beläggningen från t till 2 å 3 ggr. t inom fallradien.



Fixera golvbrunnen så att dess överkant ligger minst 10 mm under det plana betongunderlaget.



Lämna tillräckligt utrymme för tjockleksökning i beläggningen intill golvbrunnen. Vid brunn i golv med fall kan lokalt fall omkring brunnen slopas.

Tillverkning av hålkäl

Hålkäl är benämningen på den konkavt avrundade övergången mellan t.ex. vägg och golv eller i hörnen mellan väggarna. Hålkäl utförs enklast med hjälp av en stålspackel som slipats till önskad radie.

Hålkäl i övergångar där man kan vänta sig en rörelse utförs med elastiskt epoxispackel, i annat fall kan ett hårt epoxispackel användas.

Tekniken är att lägga ett flödigt lager av spackel i vinkeln och att tillse att den blir välfylld. Hålkälet utformas sedan genom att dra den slipade spackelspaden i 90° vinkel mot hålkälet. Överskottsmaterialet kläms då ut på sidorna och kan lätt skrapas upp med en rak stålspackel.

Materialåtgången kan räknas ut med hjälp av följande formel:

$$m = 0,22r^2 \times \rho \times l$$

m = mängden spackel i gram

r = hålkälsradie i mm

ρ = spacklets densitet i kg / l

l = hålkälets längd i meter

Exempel:

Ett 14 meter långt hålkäl med radien 40 mm skall utföras med ett spackel som har densiteten 1.68 kg / l.

$$r^2 = 40 \times 40 = 1600$$

$$0,22r^2 = 352$$

$$352 \times 1,68 \times 14 = 8279,04 \text{ gram} \approx 8,3 \text{ kg}$$

Nödvändig skiktjocklek

En golvbeläggnings skiktjocklek bestäms i huvudsak av två faktorer:

- Kornmax det vill säga det största fyllnadsmedlet.
- Belastningens storlek i förhållande till underlaget.

I allmänhet gäller den generella regeln som säger att minsta skiktjocklek skall vara tre gånger kornmax.

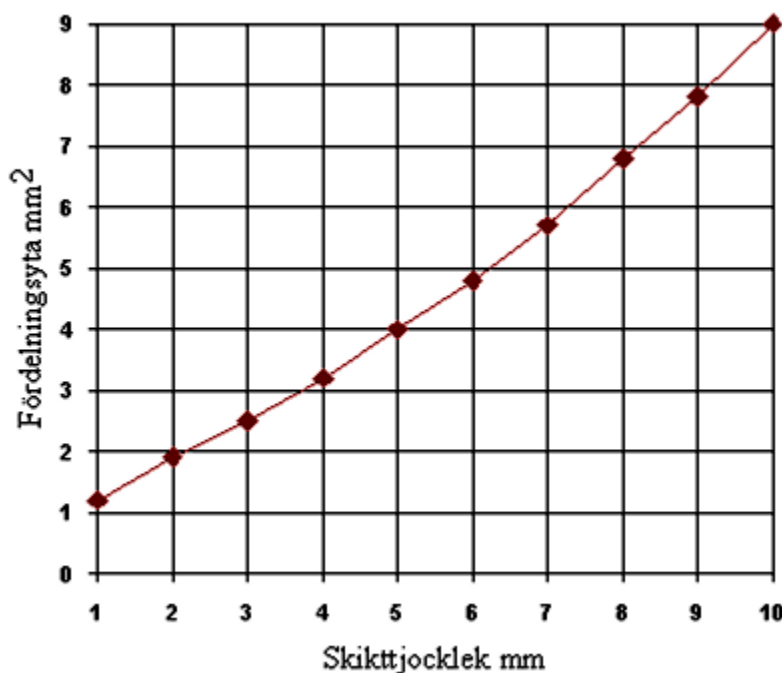
De flesta epoxibeläggningar har en mycket hög tryckhållfasthet i förhållande till betong. Golvbetong har vanligtvis en tryckhållfasthet på 25 - 35 MPa medan en epoxibeläggning har en tryckhållfasthet på 70 - 100 MPa. Genom att öka skiktjockleken kan belastningen fördelas på en större yta av betongen. Fördelningsytans storlek framgår av nedanstående figur.

Användningsexempel

Ett betonggolv av btg K30 (tryckhållfasthet 30 MPa) skall användas för trucktrafik med en beräknad last av 70 MPa. Vilken är minsta rekommenderade skiktjocklek på lämplig epoxibeläggning ?

För att erhålla fördelningsytan divideras 70 med 30 = 2,3. Fördelningsytan bör alltså vara 2,3 gånger större för att tåla den högre lasten. Sök upp 2,3 på lodräta axeln, gå ut till kurvan, gå rakt ned till den vågräta axeln och läs av 2,6 mm.

En 3 mm epoxibeläggning är tillräcklig under förutsättning att beläggningen har en tryckhållfasthet som överstiger 70 MPa.



Golvbeläggningar

Kravet till ytbehandlingar av betonggolv varierar naturligtvis inom vida gränser. Allt ifrån i princip ingen behandling alls till mycket sofistikerade beläggningar med inbyggt flexibelt membran o s v.

Trots att golvet hör till byggnadens mest väsentliga delar, ägnas det kanske inte tillräckligt med kraft för att finna den bästa och riktiga beläggningen. Ofta beror det på okunskap och allt för stor tro på försäljarens glättiga reklambroschyrer. Man kan aldrig ersätta kvalitet med långa garantitider.

Grundläggande för alla ytbehandlingssystem är att de skall vara uppbyggda för att motsvara ställda krav. Enkelt uttryckt består en golvbeläggning av två fundamentala saker, nämligen rätt produkt och rätt utförande. Om en av dessa saker inte fungerar så kommer inte heller beläggningen att fungera.

För att komma fram till rätt produkt, så måste man dels ha klart för sig vad man ställer för krav på golvet dels känna till olika produkters funktioner och egenskaper. De krav man skall ställa på golvet får man fram genom en så kallad kravanalys. En sådan analys kan omfattas av

- ⊗ Mekanisk belastning på olika delar av golvet
- ⊗ Temperaturvariationer
- ⊗ Kemikaliebelastning
- ⊗ Halkskydd
- ⊗ Rengörbarhet
- ⊗ Porfrihet
- ⊗ Tätfunktion
- ⊗ Planhet
- ⊗ Reparerbarhet

Mekanisk belastning

Alla golv utsätts för mekanisk belastning men den varierar naturligtvis inom olika delar av lokalen. För att skydda betongen mot höga punktlaster, måste beläggningen ha en tjocklek som bestäms av lastens storlek. Självfallet måste beläggningsmaterialet ha en tryckhållfasthet som i sig klarar belastningen. Många produktblad saknar helt eller delvis uppgifter om mekanisk hållfasthet.

Golv för trucktrafik bör aldrig vara tunnare än 3 millimeter. För gångtrafik räcker det ofta med 0,3 millimeter.

En av de vanligaste orsakerna till att beläggningar inte håller är att beställaren valt för tunn beläggning. Praktisk erfarenhet har visat att man kan räkna med lastfördelning från tre millimeters tjocklek. Extrema belastningar som uppkommer från slag eller från tunga detaljer som tappas eller släpps på golvet kan kräva speciella arrangemang som glasfiberförstärkning. (Se vidare Nödvändig skiktjocklek)

Temperaturvariationer

Golvets drifttemperatur såväl som lokala temperaturvariationer är viktiga att känna till vid val av produkt. Alla plastbundna beläggningar har en längd-utvidgningskoefficient som är större än betongens. Det betyder i praktiken att snabba variationer i golvtemperaturen ger upphov till skjuvspänningar i gränsskiktet betong - beläggning. Sådan belastning uppstår t.ex. när varmt vatten slås ut över golvet eller framför en bageriugn när dörrarna öppnas. Av bindemedelstyperna epoxi, polyuretan och metylmetacrylat (akryl), så har epoxin den lägsta längdutvidgnings-koefficienten, och klarar temperaturvariationer bra.

Under normala förhållanden har golv en temperatur på +15 - 20°C, och beläggningens materialens egenskaper är anpassade för denna temperatur. Om normaltemperaturen är högre, så bör beläggningens sammansättning anpassas till denna.

Kemikaliebelastning

Kemikalier som kommer att belasta golvbeläggningen bör vara kända. Inom mekanisk industri är det ofta skäroljor, hydragoljor och avfettningsmedel men det förekommer också en del syror som används vid betning.

I mejeribranschen förekommer ofta mjölksyra, och i kemisk industri kan det mesta förekomma. Epoxiplasterna har en mycket god kemikaliebeständighet men det finns naturligtvis begränsningar.

När man studerar kemikalieresistenslistor, skall man vara övertygad om hur provningen tillgått för att kunna göra relevanta bedömningar. Som exempel kan nämnas att en epoxibeläggning som är nedsänkt i aceton, går sönder relativt snabbt, men spill av aceton på ett golv har som regel ingen inverkan eftersom aceton är mycket lättflyktigt.

Halkskydd

Halkskydd d v s en viss strävhets i ytan står ofta på önskelistan. I torr miljö är det som regel inte nödvändigt, men i våt miljö och där spill av t.ex. oljor förekommer är det nödvändigt. Halkskyddsgraden bör fastställas genom att bedöma en provbeläggning som sedan får vara norm för utförandet.

Rengörbarhet

Rengörbarhet är ofta en funktion av halkskyddsgraden. Vissa typer av beläggningar har inbyggt halkskydd, vilket innebär att kvartskornen i ytan är inkapslade av ett reptåligt lackskikt. På så vis kan både rengörbarhet och halkskydd erhållas. Ibland är kravet på rengörbarhet mycket stort t.ex. i kärnkraftverk och laboratorier. Då skall beläggningen utföras helt slät och blank.

Porfrihet

Inom livsmedel och läkemedelsbranschen ställs naturligtvis stora krav till beläggningsens porfrihet. Här gäller det för beställaren att vara mycket observant. Vissa typer av beläggningar, främst av typen torrmassor och strömassor, kan se porfria ut om man betraktar ytan. Om beläggningsen skall vara porfri och tät måste emellertid varje kvartskorn vara helt omgivet av bindemedel. Leverantören bör kunna dokumentera tätheten och porfriheten. Detta kan göras med hjälp av tunnslip eller fotografi av ett snitt i beläggningsen.

Tätfunktion

Att tätfunktionen bör beaktas vid projekteringen är kanske inte helt självklart. Oftast förväntar man sig att en epoxibeläggning är tät, men så kallade torrmassor av färgad sand och bindemedel, har av läggningstekniska skäl för lite bindemedel.

Bindemedelshalten ligger normalt för dessa massor omkring 15 viktprocent.

Infärgad kvartssand är ganska ensorterad d v s kornen är ungefär lika stora. För full mättnad krävs ca 23 viktprocent bindemedel. Denna skillnad kan inte kompenseras genom ytlackning. Den låga bindemedelshalten räcker inte till att väta underlaget, vilket framgår om torrmassan läggs på en glasskiva.

Täthetskravet kräver ibland att hänsyn måste tas till sprickrisk i betongunderlaget.

Sprickor som uppkommer i betongen efter det att beläggningsen är utlagd, resulterar som regel i en spricka i beläggningsen. Detta beror på att en förlängning från 0 till något är en oändligt stor töjning, och det klarar inte någon beläggning. Den enda möjligheten är då att först lägga ett elastiskt membran i någon millimeters tjocklek, därefter ett laminat av glasfiber och epoxi och sedan den ordinarie beläggningsen.



Uppbyggnad av spricköverbryggande beläggning

En typ av beläggning säljs just på grund av sin helt öppna struktur. Här handlar det om natursten i storlek 4 - 6 mm som binds samman av en mycket liten mängd epoxi, vanligen 7 - 10 viktprocent.

Denna beläggning har ett tilltalande utseende och anses spara in städkostnader.

Detta är riktigt eftersom den öppna strukturen kan rymma en hel del smuts. En 15 mm tjock beläggning rymmer omkring 4 liter per kvadratmeter. Beläggningsen har blivit mycket populär i bland annat bilhallar. Vad man inte får glömma är att den öppna strukturen även kan rymma t.ex. 4 liter bensen per kvadratmeter, vilket kan innebära en mycket stor brandrisk. Man bör även beakta att den totala ytan av stenarna i en 15 mm tjock beläggning utgör omkring 10 kvadratmeters exponering per kvadratmeter golvyta.

Planhet

Ett golvs planhet har ofta en fundamental betydelse. Exempel är höglager och golv för sväware.

Små ojämnheter i underlaget utjämnas av beläggningar i tjocklek från någon millimeter och uppåt, men stora svackor måste avjämnas före beläggningen. Fördelaktigast är om avjämnningen görs med epoxiprodukt istället för cementbundna massor. Detta har med vidhäftning och ythållfasthet att göra.

Reparerbarhet

Det kan inte hindras att skador kan uppkomma på en beläggning genom slag, kemikalier eller förhöjda temperaturer. Sådana skador bör åtgärdas så snart som möjligt för att återställa funktionen. Allmänt kan sägas att epoxibeläggningar är lätta att reparera. Man får dock räkna med att en liten nyansskillnad eller glansskillnad gör att reparationen kommer att synas en tid.

Reparation skall om möjligt utföras med samma material som använts vid beläggningen. Det är då av stor vikt att beläggningsarbetet finns dokumenterat både hos beställaren och entreprenören.

När kravanalysen är gjord är det dags att söka efter de produkter som kan tänkas uppfylla de ställda kraven.

I första hand bör man anlita välrenommerade tillverkare av epoxiprodukter. Väljer man en leverantör med ett fungerande kvalitetssystem som är tredjeparts certifierat, så är man garanterad att produkterna är välkontrollerade kvalitetsmässigt före leverans, och att burkarna innehåller rätt mängd av rätt vara. Varje förpackning från en kvalitetscertifierad tillverkare är dessutom märkt med batchnummer som gör produkten spårbar tillbaka till såväl slutprovning som varje ingående råvaras provning. Analyscertifikat på leverantörens produkt kan alltid fås om så begärs.

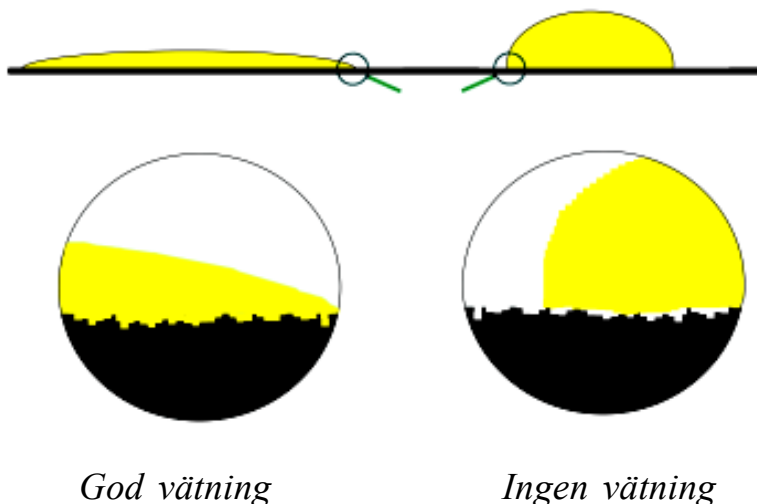
Så som nämndes i inledningen består golvbeläggningen inte enbart av rätt produkt utan också i mycket hög grad av rätt utförande. Installationen av en beläggning är ett rent hantverk och ställer naturligtvis krav på entreprenörens yrkesskicklighet, kompetens och resurser. Entreprenören måste kunna bedöma förutsättningarna för beläggningsarbetet, både vad gäller underlagets hållfasthet, renhet, temperatur osv, som tidsåtgång för att utföra ett till alla delar korrekt arbete. Han skall kunna ställa en kvalitetsplan till beställarens förfogande samt kunna dokumentera alla vidtagna aktiviteter som kan påverka kvaliteten på det utförda arbetet.

Limning

Med lim förstås ett material som applicerat mellan två andra material förmår dessa att sitta ihop. Limmet bildar alltså en fog som genom sin inre sammanhållning (kohe-sion) och sin vidhäftning (adhesion) får de sammanfogade materialen att bilda en enhet.

Det har funnits många teorier om hur ett lim fungerar d v s vad vidhäftning egentli-gen är. Idag anses limförmågan vara en fysikalisk mekanism, nämligen adsorb-tion (ej att förväxla med absorbtion som betyder uppsugning). Adsorb-tion innebär att molekyler dras till varandra av så kallade **van der Waals** krafter.

Dessa krafter är som störst när avståndet mellan molekylerna är i storleksordningen 3 - 4 Ångström (en Ångström [Å] är lika med en tiomiljondels millimeter). När av-ståndet ökar till över 5 Å är kraften i princip obefintlig. I praktiken betyder detta att om det vore möjligt att pressa två ytor samman så tätt att avståndet blev under 5 Å, så skulle en fog uppstå. Så släta ytor finns emellertid inte. En vätska däremot kan forma sig till underlaget och komma tillräckligt nära. Kan vätskan sedan överföras i fast form utan krympning så uppstår en limfog. En förutsättning för att vätskan (lim-met) skall komma tillräckligt nära är att den har en ytspänning som är lägre än under-lagets. Ytspänningen för epoxilimmer ligger i storleksordningen 35 - 45 mN / m.



Material som har lägre ytspänning än epoxi är mycket svårlimmade. Exempel på så-dana material är Teflon med ytspänningen 18.5 mN / m och polyeten som ligger på 32 mN / m. Trä däremot med ytspänning omkring 200 mN / m och metaller som ligger mellan 200 och 2000 mN / m är lättlimmade. Om limmets ytspänning ligger på rätt sida d v s lägre än underlagets säger man att limmet har förmåga att veta på underlaget. Denna vätförmåga har även med limmets konsistens att göra.

Behovet att foga samman olika saker har funnits sedan urminnes tider. I naturen finns en hel del klibbiga ämnen som kommit till användning, men hållfasthetsmässigt har de naturligtvis sina begränsningar.

Många andra sätt att foga samman material utvecklades t.ex. svetsning, lötning, nitning, skruvförband osv. Dessa metoder har också många nackdelar. Svetsning och lötning begränsas till att foga metaller, nitar och skruvförband är svåra att få täta, risken för galvaniska element och korrosion föreligger alltid.

Det finns och har alltid funnits en viss skepsis mot limmer, detta grundar sig i att tidigare hade inte de vanliga limtyperna de rätta egenskaperna vad avser hållfasthet, utfyllning i fogen, åldringsbeständighet osv. I dag är förhållandet ett helt annat. Dels har limmer utvecklats som möter kraven, dels har limningstekniken utvecklats. Moderna epoxilimmer ersätter numera såväl svetsning som nitning i många fall.

För att kunna välja rätt lim till ett förband, är det viktigt att göra en kravanalys. Exempel på kravfaktorer är

- * Vilka krafter kommer att påverka fogen
- * Inom vilka temperaturområden skall fogen fungera
- * Är materialen som skall fogas samman sugande
- * Behöver materialen förbehandlas före limning
- * Väter limmet materialet tillräckligt
- * Är fogen sådan att den skall utfyllas
- * Vilka härdningsförhållanden råder
- * Skall limmet blandas manuellt eller med maskin

En limfogs förmåga att överföra krafter, beror på hur krafterna skall överföras. I princip finns det fyra grundfall, nämligen dragkrafter, skjuvkrafter, fläkning och klyvning.

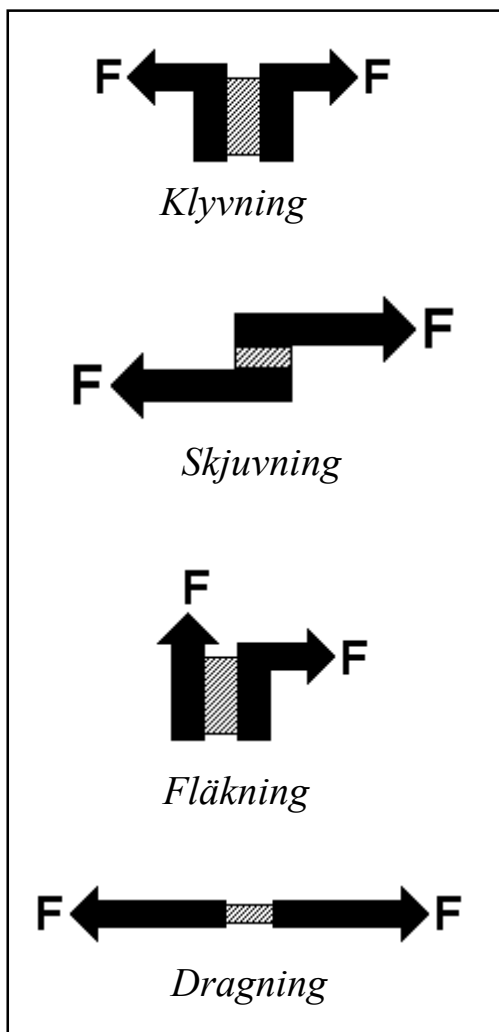
Epoxilimmer har en mycket hög draghållfasthet och klarar därför drag och skjuvkrafter bra.

Motståndskraften för fläkning och klyvning är däremot mindre bra. Det är alltså viktigt att fogar utformas så att de i minsta möjliga utsträckning utsätts för fläkning och klyvning. Värmehärdade epoxilim av enkomponentstyp har generellt bättre fläkmotstånd än rumstemperaturhärdade.

Fogens arbetstemperatur är viktig att känna till. Alla limmer har temperaturbegränsningar. Ofta anges i limspecifikationen limmets HDT (Heat Deflection Temperature) eller Tg.

Vid HDT tappar limmet snabbt hållfasthet. Rumstemperaturhärdad epoxi har HDT mellan + 40° och + 70°C. I undantagsfall något högre.

Värmehärdade limmer kan klara temperaturer upp mot + 250°C.



Olika krafter i limförband

Vidare bör man känna till skillnader i längd-utvidgningskoefficient mellan limmet och de limmade ytor. Är skillnaden stor måste limmet kunna ta upp den skjuvspänning som uppkommer vid temperaturvariationer.

Om materialen som skall limmas är sugande, d v s kan absorbera en vätska, måste hänsyn tas till detta vid val av lim.

Trä är ett exempel på sugande material. Ett lågvisköst lim med lång öppentid, kan helt försvinna in i träet och lämna fogen tom. Rätt typ av fyllnadsmedel kan eliminera den risken. I vissa fall är det nödvändigt att mätta träet med lim före den egentliga limningen.

Mycket ofta är det nödvändigt att förbehandla de material som skall limmas. Exempel på förbehandlingsmetoder kan vara avfettning, slipning, blästring, betning, primering och flämningsmedel. I slutet av detta kapitel ges ett antal förslag till förbehandlingsmetoder som kommit till användning.

Ytvätningen är direkt kopplad till förbehandlingen som till stor del går ut på att ta bort föroreningar från ytor som skall limmas.

Utöver detta ligger limmets begränsning i dess ytspänning i förhållande till underlagets ytspänning.

När ojämna ytor skall limmas, måste limmet kunna fylla den fog som uppstår utan att rinna bort. Exempel är limning av stålplåt mot betong. Här kan limspalten uppgå till flera millimeter.

Limmets konsistens, eller dess rheologi, är mycket viktig. Vid appliceringen av limmet skall konsistensen vara sådan att limmet väter ytan. Efter applicering och fixering av materialen skall limmet snabbt bygga upp en tixotrop konsistens för att inte rinna ur fogen.

Vad gäller härdningsbetingelser kan sägas att lim avsett för rumstemperaturhärdning bör tillåtas härda vid $+20^{\circ}\text{C}$. Vid denna temperatur är det lätt att åstadkomma rimliga härdningstider, samtidigt som man kan ha en någorlunda lång potlife.

Epoxi kan fås att härda ner till temperaturer omkring $\pm 0^{\circ}\text{C}$. Men när det gäller limmer bör gränsen sättas till c:a $+10^{\circ}\text{C}$. Alla kemiska reaktioner är temperatur-

beroende, för epoxi gäller ungefär att en förhöjning av temperaturen med 10° C fördubblar reaktionshastigheten.

En efterhärdning vid förhöjd temperatur (+50 - +100°C) är ofta att föredraga. Det är nämligen så att vid rumstemperatur sker polymerisation i det närmaste linjärt dvs. med få tvärbindningar. Vid förhöjd temperatur kompletteras reaktionen med fler tvärbindningar och slutresultatet blir ett starkare lim.

Värmehärdade lim är oftast av enkomponenttyp med lång potlife vid rumstemperatur. Dessa limmer härdas som regel vid temperaturer mellan + 150°C och + 180°C. Ibland fordras en härdningscykel med vissa tider i bestämda temperaturer.

Vid kontinuerlig limning används ofta maskinell utrustning för så väl blandning som dosering av komponenterna. Det är viktigt att sådana limmer tages fram i nära samarbete med limproducenten för att slutegenskaperna skall bli optimala.

Betong och luftföroreningar

Under senare år har betong i tilltagande omfattning belagts eller målats. Anledningen till detta är, förutom det estetiska, att skydda betongen mot aggressiva media. Som aggressiva media räknas inte bara kemikalier som saltsyra, svavelsyra och vissa saltlösningar, utan också gaser, som koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider i vattenlösning.

När betongen är av sämre kvalitet, och eller täckningen är otillräcklig, kan dessa gaser förorsaka svåra angrepp på armeringen och även helt förstöra densamma under extrema förhållanden. Innan det är dags att tala om skyddandet av betong, kan det vara värt att titta på de kemiska reaktioner som kan ske under inverkan av CO_2 , SO_2 och NO_x i kombination med syre och vatten.

Sammansättning av cementbundna byggnadsmaterial.

Precis som namnet säger, innehåller alla cementbundna material cement som bindemedel. Cementen utgör dock inte bara själva limmet, utan också korrosionsskydd för armeringen. Cement består i huvudsak av kalciumoxid och kvarts, dessutom innehåller den små mängder aluminiumoxid, järnoxid, magnesiumoxid, kaliumoxid och natriumoxid. Vanlig cement innehåller också små mängder sulfater. Analysdata av portlandcement visar ungefär 63% Kalciumoxid (CaO), 1,2% Kaliumoxid (K_2O) och 0,15% Natriumoxid (Na_2O).

Kemiska reaktioner i cementpastan och i den hårdnande cementen.

Det är ju ett känt faktum att cement hårdnar (härdar) genom reaktion mellan de olika oxiderna och vatten.

Som redan nämnts innehåller all cement kalium och natriumoxid. I de flesta publikationer refereras också till dessa, men väldigt lite har ägnats åt dessa oxiders betydelse vid de kemiska reaktionerna i cementpastan.

Det finns publikationer om faran med för höga halter alkalioxider i cementen, då med avseende på betongstrukturens stabilitet. Dessa undersökningar syftar mest till reaktionen mellan alkalioxider och varierande tillsatser (t.ex. kisel-alkalireaktionen i Danmark).

Experimentell undersökning.

I ett försök användes tre borrhärdar av betong med olika hållfasthet (K15, K35 och K55), diametern var 9,5 cm. Dessa lades i bägare med diameter 10 cm och 400 cm³ destillerat koldioxidfritt vatten hällades över. Volymförhållandet var ungefär 1:1. Alla betongkärnorna bestod av samma cement och additiv.

De tre bägarna täcktes med urglas, men inte tätt. På så vis exponerades ytan för luft. Luftvolymen mellan vattenytan och urglasen var ca 300 cm³.

Varje vecka mättes halten av kalcium, natrium och kalium i den klara lösningen ovanför betongen. Dessutom noterades utseendet och pH i vattnet. Under en 8 veckors period steg halten natrium och kalium i vattnet över proverna K35 och K55, samtidigt sjönk kalciumhalten till praktiskt taget 0. I vattenlösningen över prov K15 steg kalciumhalten något mer än kalium- och natriumhalten. pH-värdet vid K15 stannade vid 12,5 medan det steg till 13 vid proverna K35 och K55. I proverna K35 och K55 hade bildats en kraftig fällning av vitt finkristalinskt material, i prov K15 var fällningen inte så kraftig. Närmare undersökning av fällningen visade att den bestod till största delen av kalciumkarbonat, en liten del var magnesiumkarbonat.

Vid forskning på porvätskorna i betong har också Heinz-Günter Smolczyk, Duisburg, fastställt att med tilltagande hydratiseringstid avtar halten Ca^{2+} , Cl^- och SO_4^{2-} medan Na^+ och OH^- jon koncentrationen ökar.

Reaktionsmekanismer.

När man betraktar reaktionerna hos CaO , MgO , K_2O och Na_2O med vatten respektive CO_2 , finner man att med vatten bildas hydroxiderna Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 , KOH och NaOH .

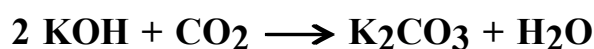
Ca(OH)_2 och Mg(OH)_2 är mycket svårslösliga i vatten.

Vid reaktionen med koldioxid bildas av kalcium och magnesiumhydroxiderna praktiskt taget olösliga produkter i form av kalciumkarbonat (CaCO_3) och magnesiumkarbonat (MgCO_3). Kalium och natriumhydroxid bildar lättlösliga karbonater.

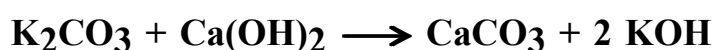
Som framgår av tabell 1 deltar eller bildas vatten vid samtliga reaktioner d.v.s. reaktionerna sker företrädesvis och accelererade i den flytande fasen.

I tabell 2 kan man se att natrium och kaliumkarbonaterna inte bara är lättlösliga, de visar dessutom ett ganska högt pH-värde.

Vidare ser man att kaliumkarbonat är ca tre gånger mer lättlösligt än natriumkarbonat. Vid reaktionen mellan kaliumhydroxid eller natriumhydroxid (stark bas) och kolsyra (svag syra) bildas kaliumkarbonat (natriumkarbonat) och vatten.



Vid den vidare reaktionen mellan kaliumkarbonat (natriumkarbonat) och kalciumhydroxid bildas kalciumkarbonat och kaliumhydroxid (natriumhydroxid).



Nu kan vi alltså se att karbonatiseringsprocessen hos cement (betong) går via natrium och kaliumhydroxiderna.

Både NaOH och KOH har ett mycket högt pH-värde redan i svaga koncentrationer. Enprocentiga lösningar har pH-värde ca 13.

Som en följd av vad som sagts är det föga verkningsfullt att söka karbonatiseringsfronten med fenolftalin, eftersom fenolftalinet färgomslag ligger vid pH 9. Detta har också framkommit vid jämförelse mellan fenolftalin och fullständig analys.

Karbonatiseringsfronten ligger oftast 3 gånger djupare än vad fenolftalinet visar.

Inverkan av svaveloxid och kväveoxider på betong.

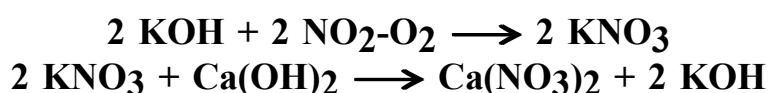
Halten svaveldioxid (SO₂) i luften ligger i regel mellan 0,1 och 0,2 mg/m³ luft i industriatmosfär.

Kväveoxidhalten i kraftigt trafikerad miljö kan nå värden på ca 1,4 mg/m³ luft.

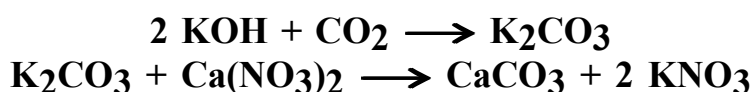
Kväveoxider betecknas oftast NO_x vilket innefattar både kvävemonoxid (NO) och kvävedioxid (NO₂).

Av reaktionsformlerna i tabell 3 framgår att alla natrium och kaliumsalterna är lösliga i vatten. Magnesiumsulfat är något lösligt, alla nitrater är lösliga. Inget av saltarna visar alkalitet utan tvärtom oftast svagt sur reaktion.

Vid inverkan av kväveoxid på cement i närvaro av syre sker följande reaktion:



Om koldioxid samtidigt finns närvarande blir neutraliseringen av betongen kraftigt påskyndad.



Effekter på korrosion av armeringsjärn.

Det är fastlagt att stål korroderar i närvaro av sulfatjoner, även i alkalisk lösning. Vid atmosfärisk korrosion av stål vet man att närvaro av sulfater påskyndar korrosionen med en faktor av 10³ till 10⁴. På samma sätt förhåller det sig med nitrater.

Vid ett försök sänktes stålplattor, vilka var blästrade, grunderade och strukna två gånger med epoxi, ned i lösningar av natriumklorid, magnesiumkloridlösning med magnesiumsulfat och natriumklorid, cementslamma, samt cementslamma med tillsats av 3% natriumnitrat. Det visade sig efter flera veckors lagring att provet i nitrat/cementslamman korroderat så kraftigt att hela beläggningen var underrostad och lossprängd, pH-värdet var hela tiden ca 12. Övriga plattor visade i princip inga skador alls, förutom något lite vid klippkanterna.

Sammanfattning.

Bindemedel i betong innehåller hydroxider av kalcium, magnesium, natrium och kalium. Vattenlösningar av natrium- och kaliumhydroxid visar ett pH på 12 - 13,5 även i låga koncentrationer. De kemiska förloppen bestäms av reaktiviteten och aggregationstillstånden (fast eller i lösning). Betongens reaktion med koldioxid, svaveldioxid och kväveoxider sker därför i ganska liten utsträckning via den svårlösliga kalciumhydroxiden, utan i mycket högre utsträckning med de lösliga och reaktiva natrium- och kaliumhydroxiderna. Koldioxiden i luften reagerar alltså först med natrium- respektive kaliumhydroxid, först därefter i enlighet med de kemiska lagarna, som anjon med kalciumkatjonen. De uppkomna natrium- och kaliumkatjonerna reagerar med hydroxidanjonen och de lösliga utgångshydroxiderna återbildas. I enlighet med vad som tidigare framgått och vad som även påvisats i litteraturen (Smolczyk) är det alltså felaktigt att betrakta porvätskorna i cementbetong som i hu-

vudsak mättad kalciumhydroxidlösning. Alkaliteten i porvätskorna bestäms så gott som uteslutande av natrium och kaliumkarbonat samt natrium och kaliumhydroxid.

Efter avslutad karbonatisering, d.v.s. när kalcium-, natrium- och kaliumhydroxiderna överförts till respektive karbonater, kommer de i mycket högre grad lösliga natrium- och kaliumkarbonaterna, med pH-värde mellan 12 och 13 att svara för de kemiska reaktionerna med svavel respektive kväveoxider. Natrium- och kaliumkarbonat överförs till respektive sulfater och nitrater, därefter följer reaktionen med kalciumhydroxid.

När man försöker fastställa karbonatiseringsdjupet med fenolftalinlösning tror man sig påvisa kalciumhydroxid vid ett färgomslag till rött, i själva verket är det natrium- och kaliumkarbonat, och eller natrium- och kaliumhydroxid som ger färgomslaget, medan kalcium kan föreligga som karbonat.

Fenolftalinmetoden säger över huvud taget inget om karbonatiseringstillståndet hos betong och i synnerhet inget om olika kalciumföreningar.

Visserligen får man ofta en ofärgad zon vid fenolftalintest och kemiskt sett kan då två tillstånd föreligga:

- A) De lättlösliga natrium- och kaliumkarbonaterna respektive hydroxiderna är urtvättade efter fullständig karbonatisering av kalciumföreningarna. Detta fall kan bara inträffa när inga lösliga karbonater eller hydroxider, från djupare liggande skikt, kan nå ytan. Detta kan vara fallet om en jonkoncentration uppkommer under blockerade porer, t.ex. om en yta övergjuts med mycket vatten.
- B) Kalciumhydroxiden är fullständigt karbonatiserad. De lösliga karbonaterna och hydroxiderna (Na och K) har sedan reagerat med svavel- respektive kväveoxid och bildat neutrala salter.

Beläggning av betong och andra cementbundna material.

I konstruktioner som utsätts för normal utomhusmiljö är armeringsjärnen oftast tillräckligt skyddade om täckningen är tillräcklig och om betongkvaliteten är god nog. Om så inte är fallet, eller om konstruktionen ofta genomfuktas av regn i kombination med luftföroreningar kan korrosionsskador uppkomma. Sådana konstruktioner bör skyddas med en beläggning som skyddar mot vatten, koldioxid, kväveoxider, svaveldioxid och syre.

Med dagens teknik är det främst oförtvålbara material baserade på epoxi, polyuretan eller akrylat som kommer i fråga. När det gäller synliga konstruktioner måste materialet dessutom vara tillräckligt väderbeständigt. Vid undersökningar av skador som uppkommit på beläggningar har det så gott som alltid visat sig att materialet inte varit tillräckligt förtvålningbeständigt. Många gånger har det framkommit att tillsatser av förtvålningbara mjukgörare ödelagt ett i och för sig beständigt material.

Vid analys av innehållet i blåsor på beläggningar, har det visat sig, att de huvudsakligen innehåller kaliumsalter samt till viss del natriumsalter. Kalciumsalter förekommer praktiskt taget inte alls. Detta betyder att beläggningsmaterial måste vara resistent mot kalium- respektive natriumhydroxidlösning.

Tabell 1				
Kemiska delreaktioner i cement och betong i närvaro av vatten och koldioxid.				
CaO	+	H ₂ O	→	B
<i>Kalciumoxid</i>				<i>Kalciumhydroxid</i>
				A
				<i>Kalciumkarbonat</i>
MgO	+	H ₂ O	→	B
<i>Magnesiumoxid</i>				<i>Magnesiumhydroxid</i>
				A
				<i>Magnesiumkarbonat</i>
K ₂ O	+	H ₂ O	→	D
<i>Kaliumoxid</i>				<i>Kaliumhydroxid</i>
				D
				<i>Kaliumkarbonat</i>
Na ₂ O	+	H ₂ O	→	D
<i>Natriumoxid</i>				<i>Natriumhydroxid</i>
				C
				<i>Natriumkarbonat</i>

A. Praktiskt taget olöslig
C. Delvis löslig

B. Svårslöslig
D. Löslig

Tabell 2			
pH-värden hos några föreningar i cementbindemedel och betong, samt deras löslighet.			
Kemisk förening Formel	pH-värde vid 20°C och därtill hörande koncentration		Löslighet i dest.vatten (20°C) gram / 100 ml
	pH	Vikt%	
Kalciumhydroxid Ca(OH) ₂	12,6	0,2 mättad lösning	ca 0,2
Magnesiumhydroxid Mg(OH) ₂	ca 10	< 0,1	< 0,001
Kaliumhydroxid KOH	13,2 14,1	1 10	ca 250
Natriumhydroxid NaOH	13,4 14,3	1 10	ca 150
Kaliumkarbonat K ₂ CO ₃	11,6 12,5	1 20	ca 120
Natriumkarbonat Na ₂ CO ₃	11,5 12,2	1 20	ca 40

Tabell 3

Kemiska delreaktioner i cement och betong i närvaro av vatten (H₂O), syre (O₂), svaveldioxid (SO₂) och kväveoxider (NO_x).

Reaktioner i cement	Reaktioner i betong	Reaktionsprodukter
$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kalciumoxid</i> $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{SO}_2$ <i>Kalciumhydroxid</i> [2] $\longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{NO}_x$	$\longrightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kalciumsulfat</i> [2] $\longrightarrow \text{CaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kalciumnitrat</i> [4]
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ <i>Magnesiumoxid</i> $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{SO}_2$ <i>Magnesiumhydroxid</i> [2] $\longrightarrow \text{Mg(OH)}_2 + \text{NO}_x$	$\longrightarrow \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Magnesiumsulfat</i> [3] $\longrightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Magnesiumnitrat</i> [4]
$\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kaliumoxid</i> $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow 2 \text{KOH} + \text{SO}_2$ <i>Kaliumhydroxid</i> [4] $\longrightarrow 2 \text{KOH} + \text{NO}_x$	$\longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kaliumsulfat</i> [4] $\longrightarrow 2 \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Kaliumnitrat</i> [4]
$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ <i>Natriumoxid</i> $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow 2 \text{NaOH} + \text{SO}_2$ <i>Natriumhydroxid</i> [4] $\longrightarrow 2 \text{NaOH} + \text{NO}_x$	$\longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Natriumsulfat</i> [4] $\longrightarrow 2 \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <i>Natriumnitrat</i> [4]

[1] = Praktiskt taget olöslig

[2] = Svårlöslig

[3] = Delvis löslig

[4] = Löslig

Rekommendationer för den som handskas med epoxihartser och härdare

Det finns i dag ca 2 miljoner kemiska föreningar. Många av dem använder vi dagligen utan att betrakta dem som kemikalier, t.ex. tvål, salt, parfym, sprit, tobak etc. etc. Dessa produkter, som vi kontinuerligt använder, vållar normalt inga men på vår hälsa. Anledningen till detta är att vi under lång tid lärt oss handskas med dem på ett riskfritt sätt.

Det är av största vikt att vi lär oss förstå hur de kemikalier vi använder kan påverka vår kropp.

Epoxihartserna och dess härdare är komplicerade kemiska föreningar som i vissa fall kan ge upphov till skador om de handhas på ett felaktigt sätt.

Sedan 1950 talet har epoxihartserna använts inom industri och måleri, detta är en relativt lång tid vilken gett oss viss erfarenhet om dessa plasters egenskaper.

De rekommendationer som vi lämnar här nedan kan i viss mån gälla generellt för all hantering av epoxiharts och härdare. Vi vill dock påpeka att rekommendationerna gäller för produkter tillverkade av Nils Malmgren AB. I de fall lokala arbetarskyddsföreskrifter förekommer skall dessa alltid följas.

Vilka skador riskerar man vid hantering av epoxihartser och härdare?

Man kan exponera sig på tre sätt: genom munnen (oralt), genom hudkontakt (dermalt) och genom inandning (inhalation) av ångor eller damm.

De rena epoxihartserna anses som ofgiftiga medan de flesta härdare har en viss giftighet. Risken för skador orsakade av förtäring av epoxiharts får dock anses som mycket liten.

De problem som orsakas av epoxiharts och härdare uppstår oftast genom hudkontakt. Det kan vara irritation och sensibilisering. På huden kan irritation ge toxiskt eksem och sensibilisering allergiskt kontakteksem.

Bland härdarna är de alifatiska polyaminerna de som kan orsaka de största hudskadorna. De är starkt alkaliska och kan ge irritationer och frätskador. Skador orsakade av aminer kan förbereda huden för epoxieksem.

Aminaddukter och polyamider är som regel mindre irriterande på huden än de rena aminerna. De rena aminerna är i viss mån sensibiliserande, medan addukter och polyamider knappast ger upphov till allergiska kontakteksem. Inandning av epoxihartser vållar inga problem eftersom de ej är flyktiga. Härdarna har som regel en stickande lukt som kan ge tillfällig irritation i andningsvägarna, inandning av aminer ger normalt inte upphov till någon förgiftning.

Epoxihartser som användes i Nils Malmgren ABs produkter är ej cancerframkallande enligt den litteratur som finns i ämnet. Däremot är aromatiska aminer som 4,4-diaminodifenylmetan klassade som cancerframkallande, och får endast hanteras efter tillstånd av Yrkesinspektionen.

Hur hanterar man epoxiprodukter för att slippa skador ?

Som framgått av vad som tidigare sagts är det i första hand hudkontakt som skall undvikas. För att förhindra hudkontakt måste man alltid ha klart för sig hur epoxiprodukterna skall hanteras.

Hygien på arbetsplatsen.

Yttersta renlighet på arbetsplatsen är av största vikt. För att underlätta detta är produkter från Nils Malmgren AB tillverkade och förpackade klara för användning. En av burkarna i en sats har som regel alltid plats för båda komponenterna samt blandningsmån.

Ventilationen i arbetslokalen skall vara så god som möjligt. Använd särskilda verktyg till epoxiarbeten, håll dem rena och låna inte ut dem till andra än de som är sysselsatta med epoxiarbetet.

Låt inte tömda burkar stå utan lock utan släng dem genast i därför avsedd behållare. Eventuellt spillmaterial torkas genast upp innan det sprids ut.

Tag inte i dörrhandtag, kranar och liknande med nedsmutsade arbetshandskar.

Arbetskläder.

Händer, handleder, ansikte och ögon är de mest utsatta ställena. Dessa delar av kroppen måste skyddas från kontakt med epoximaterial.

Det finns naturligtvis en teoretisk möjlighet att skydda hela kroppen från kontakt med allting genom att krypa i täta plastkläder, plasthandskar, huva, gummistövlar och så vidare men risken är då stor att man skapar andra typer av irritationer till exempel genom svettning och svårörlighet. Valet av lämpliga arbetskläder måste därför göras med omdöme. För att skydda kroppen, ben och armar är overallen ett lämpligt plagg. Ben och armar måste dock vara tillräckligt långa, det vill säga räcka ut till handleder och vrister. Overall av engångstyp kan vara bra under korta stunder vid arbete som är mycket riskfyllt ur nedsmutsningssynpunkt.

Handskar finns i många utföranden och kvaliteter, alla engångshandskar är av plast och kan sällan användas kontinuerligt under längre tid. Det är praktiskt att använda en ren tunn bomullsvante under plasthandskar.

Vid risk för stänk till exempel vid blandning av lågviskösa material skall ansiktsskydd eller skyddsglasögon användas.

Under slipningsarbete av härdad epoxiplast skall kolfiltermask plus dammfilter klass P3 användas. Vid stor omfattning i kombination med utsugning.

Som fotbeklädnad är förutom stövlar och läderkängor med skaft även trätofflor användbara. Huvudsaken är att klacken är så hög att overallen skyddar vrist och häl utan att släpa i golvet.

Viktigt är att nedsölade arbetskläder skall bytas genast, nedsmutsade och trasiga handskar kasseras. Användes plasthandskar av flergångstyp skall dessa tvättas på utsidan innan de tages av.

Personlig hygien.

Det personliga hygien är en väldokumenterad faktor när det gäller kontinuerlig hantering av kemikalier. Tvätta händerna noga före måltid, toalettbesök och rökning. Använd tvål och vatten eller handrengöringskräm.

Lösningsmedel får absolut inte användas för rengöring av händer.

Håll gärna naglarna kortklippta och rena. Använd inte ringar eller armbandsklocka under arbetet. Ät inte och rök inte i arbetslokalen.

Gå inte in med arbetskläder i matsal.

Gnid in händerna efter tvättning med hudkräm för att förhindra uttorkning och sprickbildning.

En frisk och smidig hud minskar risken för irritationer.

Transport och lagring.

Epoxihartser och härdare skall transporteras och lagras i förslutna originalförpackningar för att undvika förorening av transportfordon och lagerutrymmen. Härdare märkta med den så kallade frätsymbolen skall vara förpackade på sådant sätt att de uppfyller kraven för transport av farligt gods (ADR).

Vid lagring bör materialen ställas på plastfolie, helst på den plats där blandningen skall göras. Plastfolien förhindrar eventuellt spill att sugas upp i underlaget, till exempel betong. Skulle material spillas ut rekommenderas såg- eller hyvelspån, papper, putsplattor och liknande av engångstyp för rengöring. Kasta bort det uttorkade i sopbehållare för epoxiavfall. Rengör skyfflar och dylikt omedelbart med lösningsmedel.

Motåtgärder vid olycksfall.

Vid stänk i ögonen, skölj i rinnande vatten i minst 15 minuter. På arbetsplats som saknar rinnande vatten använd ögondusch som alltid skall medföras. Uppsök snarast läkare, tala om att materialet kan vara starkt alkaliskt från härdare, ta med varuinformation.

Hudskador tvättas med kallt vatten, lägg på torrt förband och uppsök läkare.

Vid illamående, gå ut i frisk luft, försvinner inte symptomen uppsök läkare.

Ames Test

För att kunna veta så mycket som möjligt om våra produkter har vi testat enligt Ames Test tio av våra mest vanliga produkter, men urvalet är sådant att alla av oss använda råvaror finns representerade.

Ingen av de testade produkter visade i denna test någon mutagen eller toxisk effekt.

Ames Test är en indirekt metod för att påvisa cancerframkallande ämnen.

Det finns i dag inget test, som med 100% säkerhet kan visa att ett ämne ger eller inte ger cancer hos människan. Djurtest med ett stort antal försöksdjur anses vara det mest tillförlitliga systemet för att påvisa ämnens cancerframkallande effekt. Dessa test är dock mycket kostsamma och kräver lång tid att utföra.

Flera indirekta metoder har utvecklats för att påvisa ämnens cancerframkallande effekt. Ett av dessa test är Ames Test, i vilket ett ämnens mutagena effekt påvisas med hjälp av speciellt ”konstruerade” bakteriestammar.

Det råder ett statistiskt samband mellan mutagen effekt och cancerframkallande förmåga. Därför bör ämnen som kan ge upphov till mutationer (ärflika förändringar i genuppsättningen) betraktas som potentiellt cancer-

framkallande ämnen. Ames har visat att det råder c:a 90% korrelation mellan mutagen effekt och cancerframkallande förmåga. En nästan lika god korrelation påvisades mellan avsaknad av mutagen och cancerframkallande effekt.

Tolkning av resultat från Ames Test

Om ett ämne visar sig vara negativt i Ames Test kan man inte klassa det som “icke cancerframkallande” eftersom man inte i detalj känner till hur cancer uppstår. På samma sätt kan man inte med absolut säkerhet säga att ett ämne med positivt resultat i Ames Test är cancerframkallande hos människan.

Ett positivt resultat skall tolkas som en indikation på att ämnet kan vara cancerframkallande hos människan.

Därför bör Ames Test ses som ett screentest, som på ett tidigt stadium kan påvisa ämnen med en potentiellt cancerframkallande effekt. För att uppnå ytterligare säkerhet bör ämnet undersökas vidare i djurtest.

Arbetarskyddstyrelsens föreskrifter om hårdplaster, AFS 1996:4, med ändring 2000:28

Den första juli 1997 trädde Arbetarskyddstyrelsens kungörelse med föreskrifter om hårdplast i kraft. Denna föreskrift gäller alla som skall leda eller utföra ett arbete med hårdplast.

Det föreskrivs bland annat att man skall ha genomgått särskild teoretisk och praktisk utbildning om risker och skyddande åtgärder.

Skyddsblad

I enlighet med Kemikalieinspektionens föreskrifter om skyddsblad (KIFS 1998:8) skall den som överlåter en hälsofarlig produkt för yrkesmässigt bruk, lämna den information om produktens egenskaper från risk och skyddssynpunkt som en arbetsgivare behöver för att kunna ordna hanteringen av produkten på ett från hälsorisk-synpunkt godtagbart sätt.

Informationen skall lämnas i form av skyddsblad och tillställas mottagaren senast när produkten avlämnas för att tas i bruk.

Skyddsbladet skall vara skrivet på svenska.

Märkning

Kemikalieinspektionens föreskrifter om klassificering och om märkning vid överlåtelse av hälsofarliga kemiska produkter (KIFS 1994:12) säger bland annat att förpackningen till en hälsofarlig kemisk produkt skall vid överlåtelse vara märkt på svenska med

1. Handelsnamn eller beteckning
2. De ingående ämnenas kemiska namn
3. Farosymboler med farobeteckningar
4. Riskfraser
5. Skyddsfraser
6. Namn, adress och telefonnummer till tillverkare, importör eller annan som släpper ut produkten på marknaden inom EES.

Förslag till förbehandlings- till olika material

Metaller.

Aluminium och aluminiumlegeringar

1. Avfetta och doppa föremålen i följande lösning:

66 viktsdelar Natriumdikromat
666 viktsdelar Konc.svavelsyra (H_2SO_4)
1000 viktsdelar Vatten

Lösningen bör ha en temperatur av 40 - 60°C, behandlingstid 5-20 minuter. Efter behandlingen skall föremålen sköljas under rinnande vatten, torkas i luft och limmas eller beläggas inom 5 timmar.

2. Ångavfettning/blästring, slipning.

Avfettning skall alltid föregå blästring eller slipning. Damm och lösa partiklar tvätas av i vatten eller med lösningsmedel efter blästringen. Limning eller beläggning skall ske inom 30 minuter.

Beryllium

Avfetta och sänk ner föremålet i 3 minuter i 80°C 20%-ig Natriumhydroxidlösning (NaOH)

Bly

Avfettning och slipning

Guld

Avfettning

Järn och stål

För järnföremål är avfettning och sandblästring tillräckligt för en god vidhäftning. Mycket viktigt är dock att limningen eller beläggningen sker direkt efter blästringen.

Rostfritt stål

Rostfritt stål hör till de svåraste materialen att få vidhäftning till.

Följande bad är använt:

- 50 viktsdelar Konc. saltsyra (HCl)
- 2 viktsdelar 30% Vätessuperoxid (H_2O_2)
- 10 viktsdelar 37% Formalinlösning (HCOH)
- 45 viktsdelar Vatten

Föremålet sänks ned i 10 minuter vid en temperatur av 65°C.

Kadmium

Elektroplatering med silver.

Koppar och kopparlegeringar

Etsa vid rumstemperatur med följande bad:

- 15 volymsdelar 42% Järn(III)kloridlösning
- 30 volymsdelar Konc. salpetersyra (HNO_3)
- 197 volymsdelar Vatten

Krom

Etsa i 1 till 5 minuter vid 90°C i följande lösning:

- 8.5 viktsdelar konc. saltsyra (HCl)
- 10 viktsdelar vatten

Magnesium och magnesiumlegeringar

Avfetta och etsa i 3 minuter i rumstemperatur med följande lösning

- 83 viktsdelar Krom(VI)oxid (CrO_3)
- 100 viktsdelar Natriumnitrat (NaNO_3)
- 400 viktsdelar Konc. ättiksyra (CH_3COOH)
- 400 viktsdelar Vatten

Nickel

Etsa 5 sekunder i koncentrerad salpetersyra (HNO_3)

Silver

Avfetta och slipa med fin smärgelduk.

Tenn

Avfetta och slipa med smärgelduk.

Titanlegeringar

Behandla i 5 minuter med följande lösning:

- 10 viktsdelar Natriumfluorid
- 5 viktsdelar Krom(VI)oxid (CrO_3)
- 50 viktsdelar Konc.svavelsyra (H_2SO_4)
- 250 viktsdelar Vatten

Zink och zinklegeringar

1. Avfetta och slipa med smärgelduk.
2. Etsa med följande lösning i 2 - 4 minuter vid rumstemperatur:

- 20 viktsdelar Konc. saltsyra (HCl)
- 80 viktsdelar Vatten

Plaster.

De flesta hårdplaster såsom epoxi, fenolplaster, polyester, polyuretan kan efter avtvättning med de flesta lösningsmedel (t.ex. aceton) och slipning, limmas eller beläggas. För termoplaster gäller det däremot att finna rätt förbehandling.

Aromatisk polyamid

Slipning eller blästring.

Linjär polyamid

Vät ytan i ca 10 minuter med en 15%-ig lösning av fenol i vatten.

Linjär polyester

1. Härdning vid temperaturer över 135°C , ger som regel en god vidhäftning.
2. 10 sekunder i en 2%-ig lösning av vinyltriklorsilan i xylol.

Polyetylen och Polypropylen

Etsa med följande lösning i 2 minuter:

- 200 viktsdelar konc. svavelsyra H_2SO_4)
- 16 viktsdelar kaliumdikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- 50 viktsdelar vatten

Polystyren

Flamma ytan med oxiderande låga.

Polyvinylklorid

Hård PVC kan slipas eller sandblästras.

Mjukgjord PVC kan primeras med polyuretanprimer som försegling mot mjukgöraremigration.

Diverse.

Betong

1. Slipning eller blästring.
2. Etsning med 10% saltsyra (HCl)

Glas

Avfettning

Gummi

Behandla ytan med konc. svavelsyra (H_2SO_4)

Läder

Avfettning och uppruggning.

Porslin

Avfettning och slipning med smärgelduk.

Trä

Slipning.

Ädelstenar

Avfettning.

Omvandlingstabeller

Kraftmoment

1 kpm	9,807	Nm	0,1020	kpm
1 lbf · in	0,1130	Nm	8,851	lbf·in
1 lbf · ft	1,356	Nm	0,7376	lbf·ft
1 ton · ft UK	3037	Nm	$0,3293 \cdot 10^{-3}$	ton·ft UK
1 ton · ft USA	2711	Nm	$0,3688 \cdot 10^{-3}$	ton·ft USA

Tryck, mekanisk spänning

1 bar	$100 \cdot 10^3$	Pa	$10 \cdot 10^{-6}$	bar
1 kp/cm ² = at	$98,07 \cdot 10^3$	Pa	$10,2 \cdot 10^{-6}$	kp/cm ² = at
1 kp/mm ²	$9,807 \cdot 10^6$	Pa	$0,102 \cdot 10^{-6}$	kp/mm ²
1 torr	133,3	Pa	$7,501 \cdot 10^{-3}$	torr
1 atm	$101,3 \cdot 10^3$	Pa	$9,869 \cdot 10^{-6}$	atm
1 lbf/in ²	$6,895 \cdot 10^3$	Pa	$0,1450 \cdot 10^{-6}$	lbf/in ²
1 ton/in ² UK	$15,44 \cdot 10^6$	Pa	$64,6 \cdot 10^{-9}$	ton/in ² UK
1 ton/in ² USA	$13,78 \cdot 10^6$	Pa	$72,3 \cdot 10^{-9}$	ton/in ² USA

Densitet

1 g/cm ³ =kg/dm ³	10^3	kg/m ³	10^{-3}	g/cm ³ =kg/dm ³
1 lb/in ³	$27,68 \cdot 10^3$	kg/m ³	$36,13 \cdot 10^{-6}$	lb/in ³
1 lb/ft ³	16,02	kg/m ³	$62,43 \cdot 10^{-3}$	lb/ft ³
1 lb/yd ³	0,5933	kg/m ³	1,686	lb/yd ³

Längd

1 in	$25,4 \cdot 10^{-3}$	m	39,37	in
1 ft	0,3048	m	3,281	ft
1 yd	0,9144	m	1,094	yd
1 mile	$1,609 \cdot 10^3$	m	$0,6214 \cdot 10^{-3}$	mile
1 nautisk mil	$1,852 \cdot 10^3$	m	$0,5400 \cdot 10^{-3}$	nautisk mil

1 Å (ångström) = 10^{-10} m

1 svensk mil = 10^4 m = 10 km

Yta

1 in ²	$20,6452 \cdot 10^{-3}$	m ²	$1,550 \cdot 10^3$	in ²
1 ft ²	$92,90 \cdot 10^{-3}$	m ²	10,76	ft ²
1 yd ²	0,8361	m ²	1,196	yd ²
1 acre	$4,047 \cdot 10^3$	m ²	$0,2471 \cdot 10^{-3}$	acre
1 mile ²	$2,590 \cdot 10^6$	m ²	$0,3861 \cdot 10^{-6}$	mile ²

1 a (ar) = 100 m²

1 ha (hektar) = 100a

1 tunnland = 4936 m²

Volym

1 in ³	$16,39 \cdot 10^{-6}$	m ³	$61,02 \cdot 10^3$	in ³
1 ft ³	$28,32 \cdot 10^{-3}$	m ³	35,31	ft ³
1 yd ³	0,7646	m ³	1,308	yd ³
1 gallon UK	$4,546 \cdot 10^{-3}$	m ³	220,0	gallon UK
1 gallon USA	$3,785 \cdot 10^{-3}$	m ³	264,2	gallon USA

Kraft

1 dyn	$10 \cdot 10^{-6}$	N		$0,1 \cdot 10^{-6}$	dyn
1 kp	9,807	N	1 N =	0,1020	kp
1 lbf	4,448	N		0,2248	lbf

Enheten kilopond (kp) har även kallats kilogramkraft (kgf)

Massa

1 lb	0,4536	kg		2,205	lb
1 slug	14,594	kg		$68,52 \cdot 10^{-3}$	slug
1 oz	$28,35 \cdot 10^{-3}$	kg		35,27	oz
1 cwt	50,80	kg	1 kg =	$19,68 \cdot 10^{-3}$	cwt
1 ton UK	$1,016 \cdot 10^3$	kg		$0,9842 \cdot 10^{-3}$	ton UK
1 sh cwt USA	45,36	kg		$22,05 \cdot 10^{-3}$	sh cwt USA
1 sh tn USA	907,2	kg		$1,102 \cdot 10^{-3}$	sh tn USA

De sju grundenheterna:

Längd	1 m	meter
Massa	1 kg	kilo
Tid	1 s	sekund
Elström	1 A	ampère
Temperatur	1 K	kelvin
Ljusstyrka	1 cd	candela
Materiemängd	1 mol	mol

Två supplementenheter

Plan vinkel	1 rad	radian
Rymdvinkel	1 sr	steradian

Femton härledda enheter med egna namn

Frekvens	1 Hz	hertz	= 1 / s
Kraft	1 N	newton	= 1 kg · m/s ²
Tryck, mekanisk spänning	1 Pa	pascal	= 1 N/m ²
Energi, arbete	1 J	joule	= 1 N · m
Effekt	1 W	watt	= 1 J / s
Elmängd, laddning	1 C	coulomb	= 1 A · s
Elektrisk potential (elektrisk spänning)	1 V	volt	= 1 W / A
Kapacitans	1 F	farad	= 1 C / V
Resistans	1 Ω	ohm	= 1 V / A
Konduktans	1 S	siemens	= 1 A / V
Magnetiskt flöde	1 Wb	weber	= 1 V · s
Magnetisk flödestäthet	1 T	tesla	= 1 Wb / m ²
Induktans	1 H	henry	= 1 Wb / A
Ljusflöde	1 lm	lumen	= 1 cd · sr
Belysning	1 lx	lux	= 1 lm / m ²

Multipelprefix

10 ¹²	T	= tera
10 ⁹	G	= giga
10 ⁶	M	= mega
10 ³	k	= kilo
10 ²	h	= hekto
10	da	= deka
10 ⁻¹	d	= deci
10 ⁻²	c	= centi
10 ⁻³	m	= milli
10 ⁻⁶	μ	= mikro
10 ⁻⁹	n	= nano
10 ⁻¹²	p	= piko
10 ⁻¹⁵	f	= femto
10 ⁻¹⁸	a	= atto

Anteckningar

[illegible]

Anteckningar

[illegible]

Register

A

Adhesion	46
Adsorbition	46
Akryl	10,43,53
Alifatisk	4,5,10,56
Alkali	1,9,15,35,51

52,56,58

Allergi 3,56

Ames Test 59

Amider 4,6,56

Aminaddukter 5,6,26,56

Aminkarbat 26

Aminkarbonat 26

Aminoetylpipezin 5

Aminogrupp 4,6

Analyscertifikat 45

Animaliska oljor 22

Anslutning i dörröppning till golvmatta 38

Anslutning till bärande vägg 36

Anslutning till foderrör för rörgenomföring 38

Anslutning till fristående, nedsänkt vägg 37

Anslutning till höj och sänkbar golvbrunn 37

Anslutning till icke bärande vägg 36

Applicering och funktion 28

Aramidfiber 19

Arbetskyddstyrelsens föreskrifter om hårdplaster 69

Arbetskläder 66,67

Aromatisk 4,5,10,57

Arrhenius 7,8

B

Batchnummer 45

Benzylalkohol 11,12

Betong och luftföroreningar 50

Betonggolv 14,15,41,42

Betonghållfasthet 20

Betongisolering 16,35

Betongytans fuktighetsgrad 22

Bindemedel 15,28,30,44,50,52

Bindemedelshalt 25

Bisfenol A 2,3

Blandarvinge 25

Blandning 3,6,24,49,57

Blandningsförhållande 32

Blandningsstation 25

Blåsbildning 11,23,35

Blästring 20,22,35

Bortriflouridkomplex 3

Bygg- och anläggning 14

Byggfukt 22

Båtar 19

C

Cementhud 20

Cementslamskikt 20

Cisterner 19,36

Cumaron-hartser 11

Cykloalifatisk 4,5

D

Dagg 26

Daggpunkt 27,35

Daggpunktstabell 26,27

Dammfilter 58

Dermalt 56

Detaljlösningar 36

Diamin 4,5

Diaminodifenylmetan 5,57

Diaminodicyklohexylmetan 5

Dietylenetriamin 5,6

Diffusionstät 20,22,28

Diffusionstäthet 9

Diffusionsöppen 9,16,22,28,29

Diglycidyleter Bisfenol A (DGEBA) 2,3,11

Draghållfasthet 9,16,17,20,47

Dragkraft 47

Drifttemperatur 43

E

Efterhärdning 49

Elasticitetsmodul 20

Elektrisk isoleringsförmåga 9

Elektronik 14,18

Emballage och band 19

Emulgeringsmedel 21

Epikolorhydrin 2,3

Epoxi 2,4,6,7,8,9,10,11,12,15,17,18,19,22,23,24,25,26,28,29,30,31,33,34,35,44,46,47,49,52,53,63

Epoxibetong	16,17,25
Epoxigrupp	2,4
Epoxiharts	2,3,5,6,7,9, 11,19,24,25 32,56
Epoxilacker	19
Epoximolekyl	3,5,24
Epoxiplast	3,9,10,14,15, 18,20,22,23, 28,29,30,31, 33,34,35,58
Epoxiplasternas allmänna kemiska och fysikaliska egenskaper	2
Epoxiplasternas användningsområde	14
Epoxiplasternas karakteristiska basegenskaper	9
Epoxiprimer	29
Epoxispackel	31,33,36,37, 38,40
Exoterm	6,7
Extraheras	12
F -----	
Fenoler	3
Fett	21,22
Flexibilisering	12
Fläkning	47,48
Fogfri	15
Formblåsning	19
Formtillverkning	19
Formsprutning	19
Formverktyg	19
Fukt	11,15,16,18 20,23,26,35
Fuktflöde	28
Fuktförhållande	20
Fuktspärr	15
Fyllnadsmedel	12,13,28,30 31,48
Färgfilm	19
Förbehandling	48,54,56,61
Fördelningsyta	41
Förslag till förbehandlingar till olika material	61
Förstärka	17,28
Förstärkning av betongkonstruktioner	17
Förtunningar	12

G -----	
Gjutning	3,9,16,18
Glasfiber	18,36,34,43, 44
Glycidylgrupp	2
Glykoletrar	11
Golvbeläggning	14,15,19,36, 37,38,39,41, 42,43,44,45
H -----	
Halkskydd	29,30,31,42, 43
Heat Deflection Temperature (HDT)	10,47
Historik	1
Hur hanterar man epoxi-produkter för att slippa skador	57
Hydrofobering	12
Hydrolys	19
Hydroxylgrupp	4,9,12
Hygien på arbetsplatsen	57
Hygrometer	22,26
Härdning	3,18,20,23, 63
Härdningsförlopp	10,26
Härdningstid	7,33,35,48
Högmolekylärt	3,19
I -----	
Imidazoler	3
Impregnering	15,28
Impregnering och försegling	15
Inhalation	56
Injekttering	18,31,32,34
Injekteringsnipplar	31
Injekteringsplast	32
Injekteringsutrustning	31,32
Inledning	1
Iskristaller	16
Isocyanat	12
Isoforondiamin	5
J -----	
Järnoxid	12,50
K -----	
Kalciumklorid	16
Karbonatbildning	26
Kemikaliebelastning	42,43
Kemikaliebeständighet	9,12,14,19, 43
Kemikalieresistens	12,24,43

Ketoner	11
Klyvning	47,48
Kohesion	46
Kolfiber	17,18
Konservburk	19
Kontakteksem	56
Kravanalys	42,45,47
Kravfaktorer	47
Kritisk ytenergi	9
Kromoxid	12
Krypning	9,10,11,12,17,46
Kvalitetsplan	45
Kvalitetssystem	24,45
Kvartssand	13,15,16,29,30,31,33,44
L -----	
Laitanceskikt	20
Lagningsmaterial	17
Laminat	18,19,34,36,38,44
Laminering	18,34
Lastfördelning	43
Lastspridning	15
Lim	3,17,18,21,33,47,48,49
Limfog	17,46,47
Limning	17,46,47,48,49
Limning av ny betong mot gammal	17,33
Linolsyra	6
Ljusbeständighet	10
Lågmolekylär	3,6,11,14
Läggstål	29,30
Längdutvidgningskoefficient	12,20,43
Lösningsmedel	3,11,14,17,22,28,29,32,35,58
Lösningsmedelsretention	11,28
M -----	
m-Fenylendiamin	5
Marina konstruktioner	19
Maskinblandare	25
Maskinolja	21
Massabeläggningar	30
Matris	34
Medelmolekylvikt	3
Mekanisk belastning	42
Mekanisk hållfasthet	9,42

Merkaptan	3
Metalloxid	3,12
Metylmetakrylat	10,43
Migrera	12
Modifiering av epoxihartser	11
Modifierbarhet	10
Molekylvikt	3
Monoamin	4
Motåtgärder vid olycksfall	58
Märkning	60
Mättnadsånghalten	26
N -----	
Natriumklorid	16,52
Nödvändig skiktjocklek	41
O -----	
Olein	6
Omvandlingstabell	65
Oralt	56
Osmos	11
P -----	
Personlig hygien	58
Pigghroller	30
Pigment	12,13,15,29,30
Planhet	42,45
Polyaddition	6
Polyamid	6,56
Polyamin	4,6,56
Polyaminoamid	6
Polyesterfiber	34
Polyuretan	19,43
Porfrihet	15,19,42,44
Potlife	6,7,32,35,48,49
Primering	26,28,48
Primär amin	4
Pull-off	20
Pulver	19
Punktbelastning	15
Punktlast	42
R -----	
Reaktionshastighet	6,7,8,49
Reaktivitet	3,5,6,12,52
Reaktiva spädmedel	12
Rehologi	13
Rekommendationer för den som handskas med epoxihartser och härdare	56
Relativ fuktighet	22,26,27,29
Rengörbarhet	42,43

Reparation	33,45
Reparation av hörn, kant och ytskador	33
Reparerbarhet	42,45
RTM	19
Rumstemperaturhärdad	8,10,47,48,49
Rörkäpp	24
S -----	
Saltsyra	20,50
Satsförpackad	24
Sekundär amin	4,6
Sensibilisering	56
Självutjämnande beläggningar	15
Skjuvkraft	47
Skjuvspänning	17,20,43,48
Skyddsbeläggning	19
Skyddsblad	60
Slangpump	32
Sockelbehandling	36
Specialapplikator	30,31
Spädningsmedel	12
Strömassor	30,31,44
Stålborstning	22
Syraanhydrid	3
T -----	
Tallfettsyra	6
Temperatur	6,7,8,16,18,22,23,26,29,33,35,43,45,47,48,49
Temperaturvariationer	42,43,48
Tertiär amin	4
Tg	10,47
Tillverkning av hålkäl	40
Titandioxid	12
Toluen	11,22
Tormassor	30,44
Toxiskt eksem	56
Transformatorer	9
Transport och lagring	58
Trietylentetramin	5,6
Trimetylhexametylendiamin	5
Tryckhållfasthet	14,15,20,33,41,42
Tryckkärl	32
Trä och fiberplattor	23
Tunnskiktsbeläggningar	15,29

Tunnslip	44
Tvångsblandare	25
Tätfunktion	42,44
U -----	
Ultraviolet	10
Underarbete	20
Undergjutning	16
Underlagets renhetsgrad	21
Underlagets temperatur	7,29,33
Underlagets ythållfasthet	20
Utförande av betongunderlag vid golvbrunn	39
UV	10
V -----	
Vakuumformning	19
Vattenabsorbtion	19
Vattenemulgerad epoxi	6,23,26,28,29,30
Vattenspädbara epoxifärger	6
Vattentät	9,16
Vattenånga	22,26,29,35
Vegetabiliska oljor	22
Vidhäftning	9,12,13,17,20,21,22,23,26,28,29,34,35,45,46
Vilka skador riskerar man vid hantering av epoxihartser och härdare	56
Vindkraftverk	19
Viskositet	6,7,8,11,12,17,28,32,35
Volymresistiviteten	9
Värmebeständighet	10,12
Värmehärdad	10,47,48,49
Värmeutvidgningskoefficient	16
Vätförmåga	12,34,46
X -----	
Xylen	11
Y -----	
Ytbehandling	9,42
Ytdraghållfasthet	20
Ytpreparering	20
Ytspänning	9,12,46,48
Yttemperatur	20,23
Å -----	
Ånggenomgångsmotstånd	9
Ö -----	
Öppentid	33,48

Nils Malmgren AB

Box 2039, S-442 02 Ytterby
Tel. 0303-936 10 Fax 0303-928 55

e-post: info@nilsmalmgren.se
hemsida: www.nilsmalmgren.se