

NYTT OM TILLSATSMATERIAL och TILLSATSMEDEL I BETONGHANDBOKEN

I nya Betonghandboken finns en hel del uppdateringar om tillsatsmedel. Hela 21 olika tillsatsmedel behandlas bland annat de revolutionerande polykarboxylaterna vars sammansättning och utformning kan ändras och därmed kan egenskaperna styras. Ingemar Löfgren, FoU-chef på Thomas Concrete Group, ger här en resumé.

I BETONGHANDBOKEN Material (Del 1) beskrivs tillsatsmedel och tillsatsmaterial i kapitel 5 [1] respektive 6 [2]. Sedan utgåva 2 publicerades för cirka 20 år sedan har användningen av tillsatsmaterial i cement och betong ökat och en omfattande utveckling av tillsatsmedel har skett. Det som har varit pådrivande i denna utveckling har varit hållbarhet och beständighet samt möjligheterna att skräddarsy betongens färsk och hårdnade egenskaper.

Idén att använda mineraliska tillsatsmaterial och tillsätta kemiska tillsatsmedel till betong är långt ifrån ny. Att romarna använde puzzolaner (vulkanaska från t.ex. Pozzuoli) är välkänt, men det finns också dokumenterat att de också använde bland annat oxblod, protein från ägg och mjölk, djurfett och urin som "tillsatsmedel" till betong och bruk för att förändra och förbättra egenskaperna.

I modern tid så introducerades mald granulerad masugnsslagg som bindemedel 1865 och stenkolsflygaska började användas under 1930-talet för byggnation av vattenkraftsdammar i USA. I början av 1900-talet påbörjades utvecklingen av oli-

ka tillsatsmedel, som accelerorer, retarder, luftporbildare och vattenreducerare. Denna utveckling har sedan dess i mångt och mycket revolutionerat betongtekniken.

I stort sett all betong som tillverkas idag innehåller tillsatsmedel. I Sverige är flyttillsatsmedel, luftporbildare och retarder de tillsatsmedel som används mest och dessa står för cirka 85 procent av volymen. Tillsatsmedel är kemiska produkter som tillsätts i betongen för att förändra dess egenskaper, både i färskt och hårdnat tillstånd. Tillsatsmedel används idag för att förändra och förbättra den färsk och hårdnade betongens egenskaper, bland annat av följande anledningar:

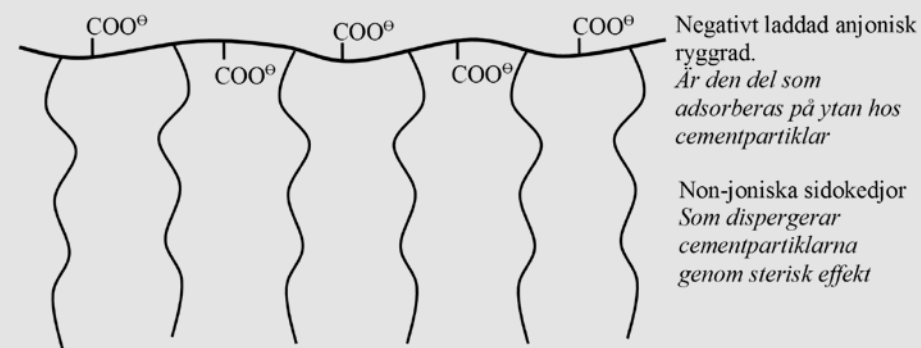
- Förbättra den färsk betongens arbetbarhet.
- Förändra färsk betongens tillstyvnadstid och hållfasthetstillväxt genom att retardera eller accelerera denna.
- Förbättra färsk betongens stabilitet, till exempel minskad blödning, förbättrad pumpbarhet, etc.
- Ge den hårdnade betongen de egenskaper som efterfrågas i specifikation, till

exempel max vct, en lägsta lufthalt, en lägsta tidig hållfasthet och en viss slut-hållfasthet.

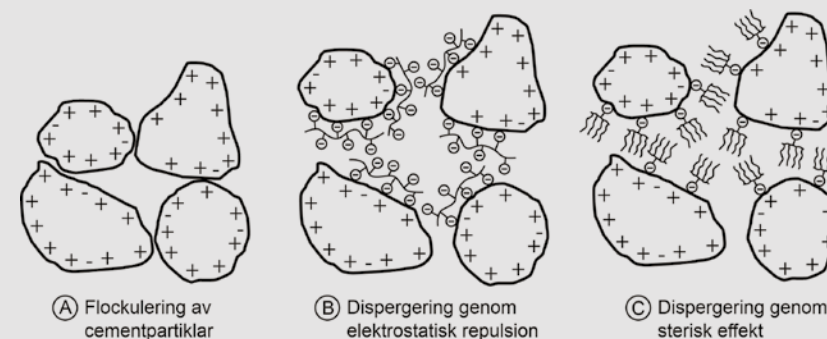
- Förändra den hårdnade betongens egenskaper, till exempel reducera krympningen eller förbättra beständigheten.
- Minska betongens miljöbelastning genom att reducera mängden cement.

BASERAT PÅ tillsatsmedlens verkan i betongen beskrivs följande tillsatsmedel:

- Flyttillsatsmedel och vattenreducerande tillsatsmedel
- Luftporbildande tillsatsmedel
- Accelererande tillsatsmedel
- Retarderande tillsatsmedel
- Sprutbetongtillsatser
- Övriga tillsatsmedel
 - fryspunktsnedsättande medel
 - expanderande medel
 - krympreducerande medel
 - pumpförbättrande medel
 - stabiliserande medel
 - antiutvaskningsmedel
 - hydrofoba medel
 - vattentätande medel
 - skumbildande medel



Figur 1. Principiell uppbyggnad av flyttillsatsmedel baserade på polykarboxylat.



Figur 2. Schematisk bild av flyttillsatsmedlens dispergerande effekt.

- skumdämpande medel
- korrosionsinhiberande medel
- medel till jordfuktig betong
- superabsorberande polymerer
- alkaliballasthämmande medel
- polymertillsatser

De flesta av dessa tillsatsmedel finns beskrivna i andra utgåvan men några har tillkommit i utgåva 3. Bland annat så beskrivs krympreducerare, stabiliserande (eller viskositetsmodifierande) tillsatsmedel och superabsorberande polymerer. Det har tillkommit ett avsnitt om det som kallas den tredje generationens flyttillsatsmedel (PCE-baserade tillsatsmedel). Dessa flyttillsatsmedel är numera de vanligast förekommande och har utvecklats oerhört sedan de introducerades i början av 1990-talet, det är också det tillsatsmedel som har haft störst inverkan på betongtekniken.

Tack vare dess goda dispergerande förmåga har den tredje generationens flyttillsatsmedel gjort det möjligt att tillverka självkompakterande betong och höghållfastbetong, där det är möjligt att sänka vct

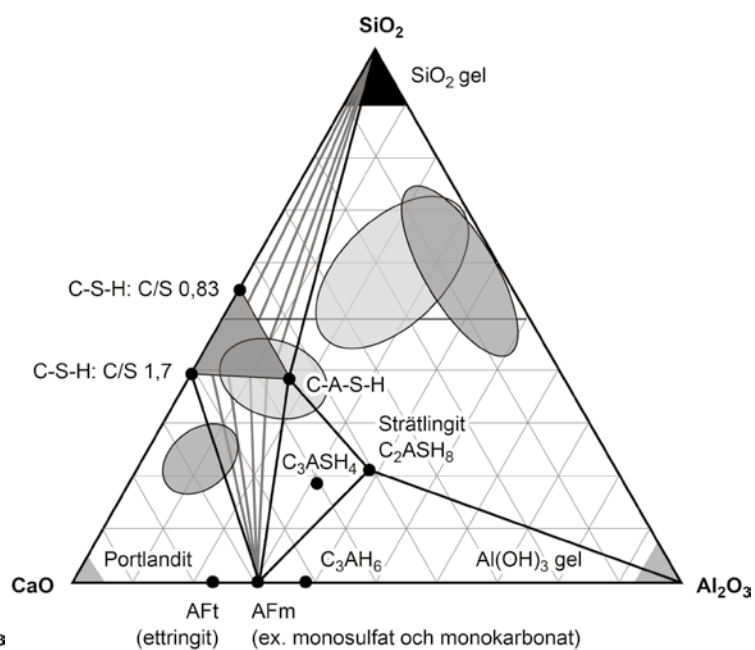
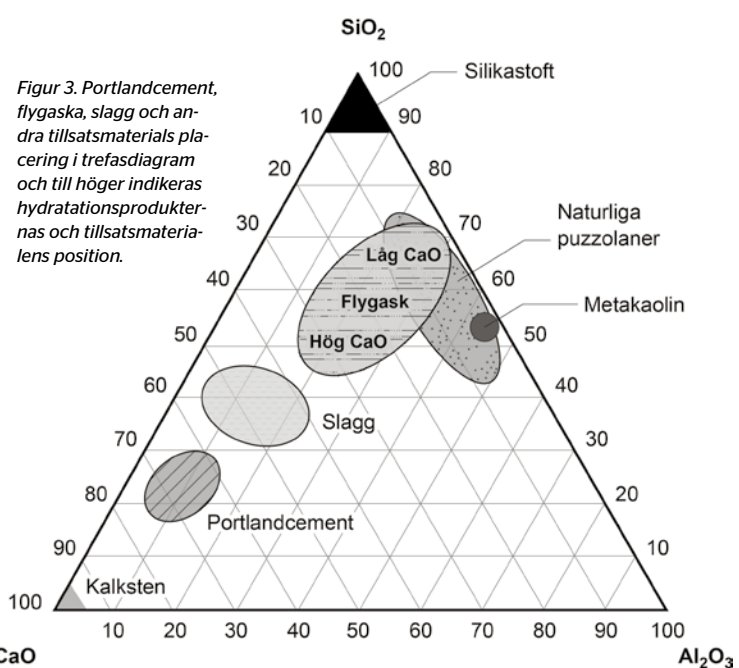
till 0,20, med bibehållen gjutbarhet och beständighet.

Introduktionen av vattenreducerande tillsatsmedel och flyttillsatsmedel har skett stegvis och olika substanser med olika effektivitet har använts. Vattenreducerande tillsatsmedel, som har en begränsad effektivitet, var de som introducerades först (under 1930-talet) och benämns därför som första generationens flyttillsatsmedel. Utveckling av mer effektiva produkter (under 1960-talet) ledde fram till det som kallas andra generationens flyttillsatsmedel, plasticerare, med en större dispergerande och vattenreducerande förmåga.

I mitten av 1980-talet introducerades slutligen den tredje generationens flyttillsatsmedel, superplasticerare. Dessa nya flyttillsatsmedel utvecklades ursprungligen i Japan och baseras på polykarboxylsyraester. Vanligtvis kallas de för polykarboxylater (PCE) eller PCE-baserade flyttillsatsmedel och har ersatt lignosulfonat (första generationen), naftalen och melamin (andra generationens) inom många tillämpningsområden.

Det är möjligheten att skräddarsy de PCE-baserade tillsatsmedel som är det största framsteget och som har revolutionerat betongtillverkningen, t.ex. kan den vattenreducerande förmåga och öppet-hållandetid styras genom polymerernas utformning. Flyttillsatsmedel baserade på polykarboxylat, se figur 1, är uppbyggda av en anjonisk ryggrad av karboxylsyragrupper samt sidokedjor av polyetylen-glykol (PEG) eller polypropylen-glykol som är kovalent bundna till ryggraden.

Polykarboxylater kan principiellt liknas vid en kam och cementpartiklarna dispergeras genom steriska effekt som sidokedjorna orsakar och som på så sätt mekaniskt håller isär dessa. Flyttillsatsmedel baserade på lignosulfonat, melamin eller naftalen dispergerar cementpartiklar med elektrostatiske repulsionskrafter vilket har en mycket mer begränsad effekt och räckvidd, se figur 2. Den steriska effekten orsakas av polymerens icke-joniska sidokedjor, som inte absorberas på cementpartiklarna, som inte vill komma i kontakt eller överlappa varandra och verkar på så sätt dispergerande.



Det som är revolutionerande med polykarboxylaterna är att sammansättningen och utformningen kan ändras och egenskaperna kan därmed styras. Följande parametrar är möjliga att ändra:

- Ryggradens längd
- Ryggradens kemiska sammansättning
- Längden på sidokedjorna
- Sidokedjornas kemiska sammansättning (polyetylen glykol, polypropylen glykol, etc.)
- Sidokedjornas antal och fördelning (slumpmässig, gradient)
- Anjonisk laddningsdensitet
- Typ och stabilitet hos bindningen mellan ryggrad och sidokedja (ester, eter, amid, etc.)

Utformningen av ryggrad och sidokedjor avgör flyttillsatsmedlets egenskaper. Ett flyttillsatsmedel med kort ryggrad och korta sidokedjor innebär kort inblandningstid och kort öppethållandetid och kan därmed vara lämpligt inom betongelementtillverkning. Motsatsen till denna sammansättning är ett flyttillsatsmedel med lång ryggrad och långa tätt placerade sidokedjor. En sådan sammansättning ger en lång öppethållandetid samt en ökad stabilitet vilket är användbart till självkompakterande betong. Kommersiella tillsatsmedel baserade på polykarboxylat utgörs normalt av flera olika polymerer som kombineras för att uppnå en viss funktion.

Användning av mineraliska tillsatsmaterial, antingen tillsatt som en komponent

i cementet eller till betongen, är något som har ökat i omfattning sedan andra utgåvan utgavs. Jämfört med tidigare utgåva beskrivs några fler typer av tillsatsmaterial, t.ex. kalkstensfiller och metakaolin, och kapitlet har uppdaterats med nya forskningsrön och aktuella standarder.

Att använda olika mineraliska tillsatsmaterial är, som nämndes i inledningen, inget nytt påfund. Tillsatsmaterial har länge använts för att påverka och i vissa avseenden förbättra betongens egenskaper, men med ökande krav på beständighet och ett större fokus på hållbarhet och klimatpåverkan så har intresset för och användningen av dessa produkter ökat.

Användning av tillsatsmaterial medför förändringar av både den färskas och hårdnade betongen och tillsatsmaterialen påverkar den färskas betongens reologi, dess värme- och hållfasthetsutveckling samt dess täthet/permeabilitet och i kapitel 6 av Betonghandboken material [2] redogörs för detta. De största framstegen, sedan utgåva 2, har skett inom karakterisering av tillsatsmaterialens inverkan på hydrataion och beständighet vilket har lett till en ökad kunskap och förståelse för möjligheterna och begränsningarna med olika tillsatsmaterial.

Utveckling av nya tillsatsmedel och ökad användning av tillsatsmaterial har möjliggjorts tack vara den forskning som har genomförts och de framsteg som har gjorts inom karakterisering av det komplexa samspelet mellan cement, tillsats-

material och tillsatsmedel. Som författare så häpnar man över den enorma utveckling som har skett på dessa 20 år och hur mycket forskning som ligger bakom dessa framsteg. Utveckling kommer att fortsätta och kommer fortsatt påverka betongbranschens olika aktörer positivt under en mycket lång tid.

Det är troligt att med ökad kunskap och fokus på hållbarhet och klimatpåverkan så kommer fler och mer tillsatsmaterial att tillåtas och användas. Utvecklingen av funktionella tillsatsmedel kommer att fortgå, bland annat för förbättrad kompatibilitet och effekt för olika cement, tillsatsmaterial och ballast. Det kan till exempel handla om effektivare acceleratorer och flyttillsatsmedel med bättre dispergeringsförmåga och vattenreducerande effekt samt tillsatsmedel som kanske till och med helt kan eliminera en av betongens svagheter, nämligen krympningen. ♦

REFERENSER

- [1] Johansson N. & Löfgren I. "Tillsatsmedel". Kapitel 5 i Betonghandboken Material, del 1. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 2017, s 97-138.
- [2] Löfgren I. "Tillsatsmaterial". Kapitel 6 i Betonghandboken Material, del 1. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst, 2017, s 139-191.