

SOLOSIL TX

et ny mindre miljøbelastende bindersystem til masseproduktion af komplekse kerner

Af Dr. Alexander Schrey, Foseco International.



En renæssance for uorganiske bindemidler

I begyndelsen af 50'erne blev vandglas afhærdet med CO₂ - en meget anvendt metode, der kunne øge produktiviteten og processtabiliteten ved kernefremstillingen.

På daværende tidspunkt kunne vandglas-CO₂ metoden, der er baseret på uorganiske materialer, i mange tilfælde erstatte bindermetoder, hvor der anvendtes linolie og petroleumsbaserede bindemidler. Anvendelsen af vandglas var medvirkende til at arbejdsmiljøet ved kernefremstilling kunne forbedres og emission under støbning kunne reduceres, idet vandglaskerner kun afgiver vanddamp.

Den hurtige udvikling i støberiindustrien i sidste halvdel af det sidste århundrede samt de øgede krav til kernekomplekst støbegods har gjort en videre udvikling af kernefremstillingsprocessen nødvendig.

I denne forbindelse spiller introduktionen af gaseller varmeafhærdede organiske bindemidler en vigtig rolle, da kun disse typer bindere kunne opfylde kravene til høj produktionshastighed af komplekse kerner under pålidelige og økonomisk acceptable betingelser.

Derfor blev anvendelsen af vandglaskerner reduceret betydeligt, da de nye kernebindemidler baseret på fenol-formaldehyd udviste betydeligt bedre egenskaber i praktisk talt alle tekniske henseender som for eksempel styrke, lagringsstabilitet, termisk nedbrydelighed og produktionshastighed.

Resultatet blev, at andelen af vandglas producerede kerner i slutningen af sidste århundrede blev minimeret til kun at omfatte ca. 5 til 7 procent af den totale kerneproduktion.[1]

Under den nævnte periode skete der samtidig en anden vigtig udvikling, der påvirkede alle områder i samfundet, inklusiv den generelle økonomi og industrien.

Det øgede fokus på miljø og den kendsgerning at naturlige ressourcer er begrænsede, og at der er en etisk forpligtigelse til at beskytte og bevare ren luft, vand og jord til de fremtidige generationer havde en vidtgående betydning for støberiindustrien.

I denne sammenhæng blev opmærksomheden rettet mod problemer med lugtgener og giftige emissioner fra anvendelsen af organiske bindere.

Lugtgener og emission under kernefremstilling og især under selve støbeprocessen er tæt forbundet til anvendelsen af organiske bindere.

Myndighederne har fremsat forskellige krav, der er blevet indføjet i de gældende love for miljøbeskyttelse og lovgivning om sikkerhed og helbred på arbejdspladserne. Eksempler herpå er At-vejledninger for indeklima og omgang med farlige materialer. Disse vejledninger har medført, at anvendelsen af organiske bindere er blevet mere besværlig, og at omkostninger for at undgå forurening og lugtgener er øget.

På baggrund af disse omstændigheder har der været foretaget en revurdering af de tekniske fordele

ved uorganiske binder baseret på alkaliske silikatopløsninger.

Disse fuldstændigt ugiftige produkter er med hensyn til miljøet de organiske bindere overlegne, da de ikke afgiver nogen som helst lugt eller farlige stoffer under hele produktionsprocessen. Dette indebærer, at det i de indledende faser af en procesændring ikke er nødvendigt med official godkendelse og dyre foranstaltninger for at reducere luftemission.

Herudover har det længe været kendt, at uorganiske vandglasbindere kan afhærdes ikke alene med kulsyre eller estere, men også med varme, der tilmeld kan give forbedrede styrkeegenskaber. [2]

Kombinationen af moderne kernefremstillingsteknologi med det tekniske potentiale af vandglasbindere var anledningen til at Fosco undersøgte denne teknologi mere indgående. Dette udmøntede sig i udviklingen af SOLOSIL TX.

SOLOSIL TX er en uorganisk varmeafhærdende kernebinder, der kombinerer fordelene af vandglasbinderens miljømæssige fortrin med fordelene hos en organisk binder, især med hensyn til styrke og produktivitet.

Styrkeegenskaber af SOLOSIL TX kerner

Nye uorganiske varmeafhærdende bindersystemer såsom SOLOSIL TX består typisk af to bestanddele.

Det ene bestanddel er en modificeret vandglas (natriumsilikat) med et molforhold mellem 2.0 og 2.4. Den anden bestanddel er et additiv, der består af et fint pulver af forskellige mineraler. Optimering af den varmeafhængige proces er kun mulig ved at afbalancere bindersystemets to bestanddele.

En meget anvendt måde at vurdere kernerens egenskaber på, er at måle bøjebrudstyrken på forskellige tidspunkter i hærtningsforløbet.

Fig. 1 viser, udviklingen af bøjebrudstyrken (transverse strength) af varmeafhærdende vandglasbindere med forskellige additiver.

Til forsøget har der været anvendt bøjebrudstyrkeprøver af kvartssand (Haltern H32) med 2.0 vægtprocent bindertilsetning. Afhærdningen blev fore-

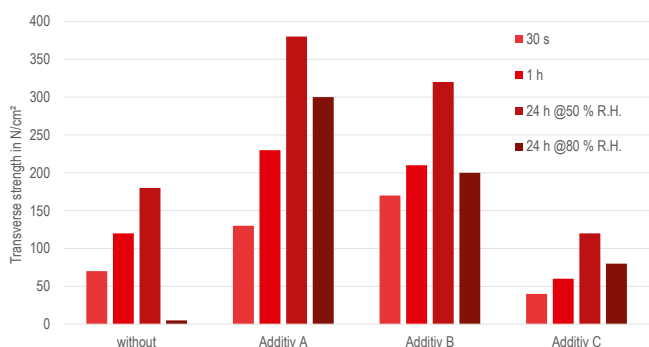


Fig. 1: Bøjebrudstyrke som funktion af additivet, der fra A til C har forskellig oprindelse og kornstørrelse (vandglas 2 vægtprocent + 2 vægtprocent additiv, 30 s afhærdning ved 150oC)

taget i en opvarmet (150 0C) metalkernekasse i 30 sekunder.

Fig. 1 viser tydeligt, at styrkeudviklingen af en varmeafhærdet vandglasbinder uden tilsætning af additiver er temmelig dårlig. I det pågældende forsøg ville den opnåede styrke ikke være tilstrækkelig til at håndtere en kompliceret kerne, da den umiddelbare styrke efter 30 s (straksstyrke) kun var 70 N/cm². Efter en time er styrken øget til 120 N/cm², men det er heller ikke tilstrækkelig for en kompliceret kerne. I en atmosfære med høj fugtighed (80% RH) er der efter 24 timer slet ingen styrke tilbage.

Ved anvendelse af et egnet additiv, der er foreneligt med vandglasbinderen, ændres styrkeudviklingen mærkbart. I starten opnås en tilstrækkelig straksstyrke, der udvikles konstant, og selv i en atmosfære med høj fugtighed kan der bibeholdes en temmelig stor styrke.

Denne styrkeudvikling skyldes, at der ud over den fysiske afhærdning af vandglas tilføjes en yderligere styrkeudvikling på grund af additivernes fugtreducerende virkning. Dette er forårsaget af den kemiske reaktion af de reaktive SiO₂ grupper, der finder sted i både vandglasset og visse mineralske bestanddele af additivet.

Udover additivets kvalitative egenskaber er tilsætningsmængden også meget afgørende (fig. 2).

Som det fremgår af fig. 2, bidrager tilsætningsmængder over 2 vægtprocent ikke til en væsentlig større styrke. Den eksakt optimale tilsætning afhænger af sammensætningen af både vandglasopløsningen og additivet, som under varmepåvirkning reagerer kemisk med hinanden.

Udover at påvirke styreudviklingen opfylder additivet flere funktioner. Flydeevnen af vandglassand er ofte utilfredsstillende på grund af den stærke dipol-dipol bindingsreaktion mellem silikatbinderpartikler, vandet i binderen og kvartssandets overflade.

Derfor er tynde kernesektioner ofte vanskeligt at fremstille uden anvendelse af additiver, der forbedrer flydeegenskaberne.

En anden vigtig egenskab, nemlig at reducere befugtningen med det flydende metal under støbningen skyldes også additiverne

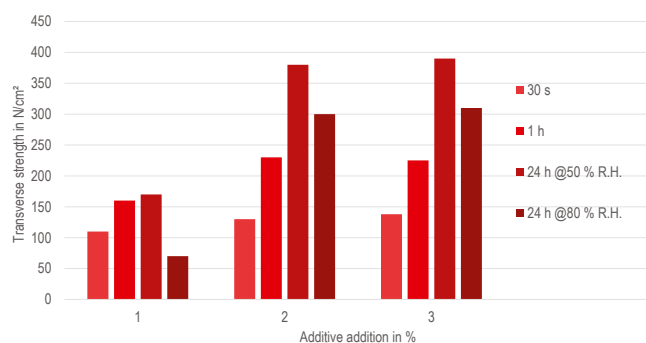


Fig. 2: Bøjebrudstyrke som funktion af additivets tilsætning (vandglas 2 vægtprocent + 2 vægtprocent additiv, 30 s afhærdning ved 150oC)

Den afbalancerede sammensætning af disse additiver bestemmer den nødvendige tilsætningsmængde, for at der kan opnås optimal styrke ved inter-reaktion med vandglasbinderen.

Den maksimalt opnåelige styrke af vandglasbindere hænger nøje sammen med binderens dehydrering (fig. 3).

Denne kendsgerning forklarer, hvorfor vandglaskerner afhærdet med CO₂ ikke opnår den teoretisk maksimale styrke; det er fordi vandet i binderen ikke er fjernet.

Fuldstændig dehydrering af vandglas, uden at kerne bliver skør pga. overtørring, giver den største styrke.

Fig. 3 viser, at fuldstændig tørring af vandglasset er afgørende vigtig. Jo mere vand, der trækkes ud af kernen, desto større bliver den endelige styrke og desto større bliver kernens stabilitet under lagring i en fugtig atmosfære.

Under produktionsmæssige forhold afhærdes kerner med forskellige udformning og med varierende sektionstværsnit. I praksis skal der derfor findes et kompromis mellem minimal afhærdningstid, tilstrækkelig styrke og dehydrering.

Hærdningsprocessen af varmhærdende uorganiske bindere er en kombination af udvendig hærdning/ skaldannelse af kernens overflader, som er i kontakt med den varme kernekasse, og begasning af de indvendige kerneområder med varm luft, som fjerner vandet fra binderen.

En computersimulering, der kan anskueliggøre denne komplicerede afhærdningsproces og dermed være med til at optimere udformningen af de opvarmede zoner i kernekassen, kan være af stor interesse.

Flydeevne af varmhærdende uorganiske kærnematerialer

En af grunden til at uorganiske bindere blev erstattet med organiske skyldtes de dårlige flydeegenskaber af vandglasbindere. Alle vandglasbindere indeholder mellem 45 til 55 % vand, hvilket nedsætter kernesandets flydeevne.

For at kunne opnå den ønskede styrke skal bin-

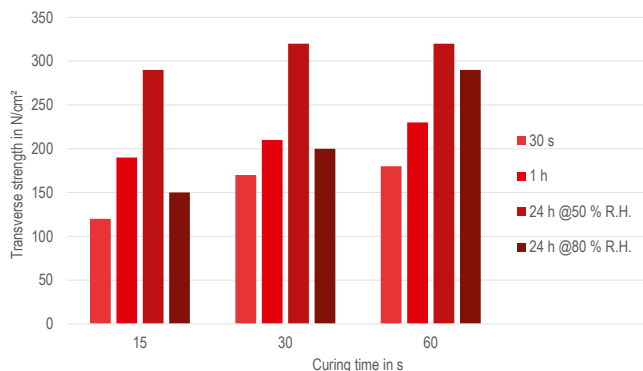


Fig. 3: Bøjeburststyrke som funktion af afhærdningstid (vandglas 2 vægtprocent + 2 vægtprocent additiv, afhærdning ved 150°C)

derens molforholdet tilpasses. Dette kan medføre en viskositet, der er betydelig højere end viskositeten hos de fleste organiske bindemidler. Og det er velkendt, at sandets flydeevne nedsættes, når binderens viskositet øges.

Det kan også nævnes, at en typisk vandglasbinder-tilsætning på 2 til 3 vægtprocent er cirka dobbelt så stor som tilsætningen af en organisk binder, som for eksempel polyurethan cold-box. Derfor er flydeevnen af traditionelt vandglaskernesand utilstrækkelig for mange krævende opgaver, fx tyndvæggede vandkammerkerner til topstykker.

Utilstrækkelig flydeevne medfører dårlig komprimering og løse sandkorn i kernen (fig. 4).

Imidlertid kan flydeevne af varmhærdende vandglasbindere forbedres betydeligt ved at tilsætte egnede mineraler og fuldstændig uorganiske additiver.

Disse additiver nedsætter tendensen til, at de enkelte vandglasbelagte sandkorn klæber til hinanden og til kernekassen under komprimering, og hvor kernesandet har tixotropiske egenskaber.

En af opgaverne under produktudviklingen var at udvikle egnede målemetoder til at kunne vurdere flydeegenskaber af kernesand med forskellige mængder additiv.

Foseco har under udviklingen af SOLOSIL TX anvendt en specialkernekasse (fig. 5), hvor sandstrømmen under skydning skifter retning og tværsnitsarealer ændres, for herved at kunne simulere de vanskeligheder der eksisterer ved kerneskydning under produktionsbetingelser.

Fig. 5 viser denne kernekasse med en forsøgskerne. Det ses tydeligt, at kernen ikke er ufuldstændigt fyldt ved den øverste bøjning. Desuden blev de to endestykker heller ikke fyldt fuldstændigt. Dette skyldes, at den anvendte skydtryk ikke har været tilstrækkelig stort til at overvinde friktionen mellem sandpartiklerne og mellem sandpartiklerne og kernekassen.

Ud over denne visuelle bedømmelse af flydeegenskaberne kan en efterfølgende vejning af kernen være med til at vurdere flydeegenskaberne. Denne vejning er især vigtig, når kernen tilsyneladende er fuldstændigt komprimeret.

Et andet måleudstyr til bedømmelse af flydeevnen er en "Powder Flow Tester" (fig. 6). Ved hjælp af dette



Fig. 4: Mangelfuld komprimeret kerne ved brug af uorganisk bindemiddel



Fig. 5: Specialkernekasse til bedømmelse af flydeevnen

apparat kan pulverets flydeegenskab beskrives som funktion af partikelstørrelse, -form og -fordeling [3].

Dette gør det muligt at undersøge de mange råmaterialer, der findes, og udvælge dem med de bedste flydeegenskaber.

Resultaterne af en pulverstrømningsmåling overføres via et integreret interface til en pc, der ved hjælp af specialsoftware kan vise en grafisk fremstilling af deres flydeegenskaber (fig. 7).

Den grafiske fremstilling viser den "Unconfined Failure Strength" som en funktion den "Major Principal Consolidation Stress". På den lodrette akse i diagrammet i fig. 7 vises den kraft i kPa, der er nødvendig for at pulveret begynder at flyde, mens den vandrette akse viser den kraft i kPa, hvor pulveret ikke flyder. Diagrammet er opdelt i forskellige sektioner, der angiver de forskellige flydeegenskaberne som ikke-flydende, meget sammenhængende, sammenhængende, let flydende og frit flydende.

Ud fra måleresultaterne udvælges de råmaterialer, der kan give de bedste flydeegenskaber, og som kan anvendes til den videre udvikling af additivet til SOLOSIL TX.

Efterfølgende kan sandblandingen af vandglas



Fig. 6: Powder Flow Tester

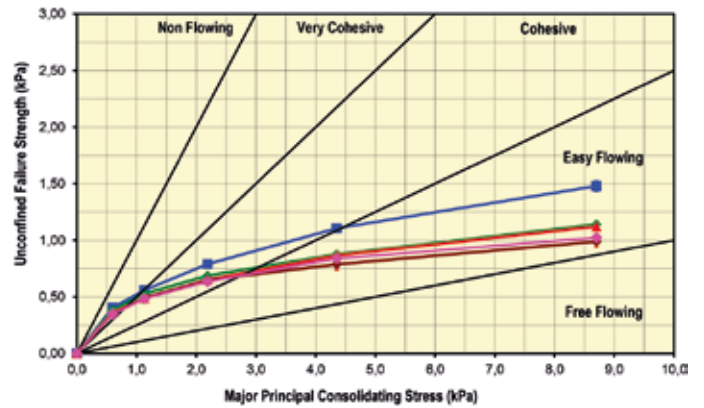


Fig. 7: Resultater af flydeevne af 5 forskellige uorganiske formmaterialer

med det nyudviklede additiv afprøves i kernekassen fra fig. 5. Kun når den praktiske afprøvning har givet tilfredsstillende resultaterne kan produktet afprøves i støberiet.

Et tilfredsstillende resultat er først opnået, når eksempelvis en vandkammerkerne (fig. 8), der både har meget spinkle og kraftige sektioner kan fremstilles med tilfredsstillende resultat.

Additiver til opnåelse af glatte, penetrationsfrie støbeoverflader

De ekstremt strenge krav, der stilles til strømningsforholdene af forbrændingsgasser og kølevæsker i forbrændingsmotorer kræver støbegods med minimal overfladeruhed.

Støbegodsets overfladeruhed afhænger af mange faktorer, og medmindre der anvendes en sværte er ruheden især bestemt af kernesandets kornstørrelse og befugtningsegenskaber.

Krav til luftighed og et minimalt forbrug af binde-middel begrænser anvendelsen af meget fint kerne-sand, der ellers ville være at foretrække, hvis minimal overfladeruhed ønskes.

Når kernerne eksempelvis skal anvendes til støbning af aluminium, er det afgørende vigtigt, at der



Fig. 8: Fuldstændig komprimeret kerne af SOLOSIL TX



Fig. 9: Dip-test resultater for 2 forskellige uorganiske bindere

udvikles et bindemiddel med en så lille befugtningsgrad med aluminium, som det er muligt.

Fra praktiske erfaringer er det kendt, at aluminiums befugtning af kerner øges, når tilsætning af vandglasbinder øges. En øget mængde additiver har den modsatte effekt.

Det er derfor vigtigt i denne sammenhæng at udvælge mineralske materialer, der baseret på deres petrografiske egenskaber, danner mange kontaktvinkler på grundmaterialets overflade.

For at kunne vurdere redueringen af befugtningsgraden ved anvendelse af forskellige additiver, kan den praktiske afprøvning udføres ved det såkaldte dyppforsøg (dip-test).

Ved dette forsøg dyppes en standard bøjetestprøve ned i flydende aluminium. Nedsænkningen i aluminium, der holdes på en konstant temperatur (fig. 9), foregår med en defineret hastighed, nedsækningsdybde og holdetid.

Efter nedsænkningen afkøles prøvestaverne og aluminiumfilmen på prøven fjernes forsigtigt.

Ikke helt sjældent kan prøver, hvor der ikke er efterladt et sammenhængende aluminiumfilm, allerede her give et indtryk af befugtningsgraden.

Fig. 10 viser, hvordan forskellige additiver kan forbedre sandoverfladen.

Additiver, der kan give en glat støbehud er især effektive når de gør, at sammenhængskrafterne mel-

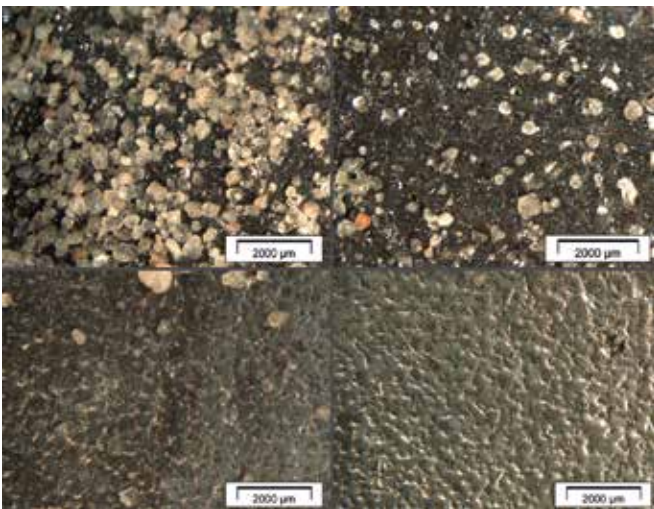


Fig. 10: Additivets virkning på sandoverfladen



Fig. 11: Kraftig penetration på vandkammerkerne

lem sandkornene er altid højere end dem mellem sandkorn og støbegodset.

I denne sammenhæng er det vigtigt at en fysisk indtrængning af aluminium i sandoverfladen forhindres for at undgå en efterfølgende kemisk reaktion mellem sandets kvartsoverflade og de frie vandglasbindingen, der igangsættes af støbetemperaturen.

Resultatet af en sådan kemisk reaktion er vist i fig. 11, der viser en sektion fra en vandkammerkerne fra en kokille-tiltstøbning af aluminium.

Det flydende aluminium har, forstærket af de dynamiske kræfter fra tiltstøbningen, penetreret sandkernen og resulteret i kraftige påbrændinger, der gør emnet ubrugeligt.

Efter at have udskiftet de vigtigste mineralske bestanddele i additivet til SOLOSIL TX blev det til sidst muligt at forebygge påbrændingerne i de kritiske godsektioner og opnå en tilfredsstillende overfladekvalitet (fig. 12).

Fortsættes i næste nummer af STØBERIET.



Fig. 12: Ingen penetration ved anvendelse af forbedret additiv til SOLOSIL TX