

Optimal genanvendelse af brugt kernesand sikrer fremtiden for støberierne



Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabrik GmbH (HWS) er en af de førende internationale leverandører af maskiner og udstyr til støberiindustrien og en del af Sintokogio-koncernen med hovedsæde i Japan. Virksomheden beskæftiger mere end 300 faglærte medarbejdere på sit anlæg i Bad Laasphe. Fokus er på fremstilling og salg af støbemaskiner og støbeanlæg samt støbeautomater til sand- og trykstøbning. Porteføljen suppleres af maskiner og anlæg til mekanisk genindvinding af brugt sand i støberier med vådsandformning.

INDLEDNING

Genanvendelse af råmaterialer har altid været en kernekompetence i støberibranchen, også længe før det blev almindelig praksis i resten af samfundet. De stadigt stigende omkostninger for bortskaffelse og deponi af overskudssand gør regenerering og genanvendelse af brugt støberisand vigtigere i dag end nogensinde før.

Derfor har i årtier genanvendelse af støberisand ikke alene været med til at sikre støberiernes overlevelse, men også ved at øge regenereringsgraden har genanvendelsen kunnet bidrage til at opnå større bæredygtighed og et mindre transportbehov, som dermed er med til at sænke CO₂-udledningen.

Spørgsmålet er således ikke, om vi skal genanvende støberisand, men om vi er i stand til at forbedre regenereringsgraden og således reducere mængde af overskudssand yderligere. Der er enighed om, at bortskaffelse af sand, en af verdens mest anvendte og værdifulde ressourcer, ikke er en bæredygtig løsning.

INTRODUKTION TIL REGENERERING AF KERNESAND

I de fleste støberier er det brugte sand, der skal genanvendes, en blanding af formsand og kernesand. I et støberi med vådsandsformning vil dette være et bentonitbundet formsand og et organisk bundet kernesand (f.eks. cold-box). I et støberi med håndformeri vil det være selvhærdende formsand (f.eks. furan) og organisk bundet kernesand. Da formsand (især vådsand) og kernesand normalt har forskellig kornstørrelse er det en fordel at kunne adskille disse sandtyper og regenerere dem hver for sig. HWS har således en række udslagningsudstyr, hvor formsand og kernesand kan adskilles; disse udstyr anvendes hos en række støberier, der serieproducerer til bilindustrien. Med disse anlæg føres så meget som muligt vådsand tilbage til sandbehandlingsanlægget før støbegodset kommer i udslagningen. Når støbegodset fjernes, ligger der kun kernesand og en mindre mængde formsand (vådsand) på udslagningsristen.

Ofte bliver det udskilte kernesand som overskudssand kørt på deponi. For at reducere mængden af overskudssand er udfordringen at bruge overskudssandet fra kerner som erstatning for nysand til kerner.

For at opnå et brugbart regenereret sand til kerner skal man først nedbryde og fjerne sandets bindemiddel og andre bestanddele, der ikke er rent sand. Denne nedbrydning eller regenerering kan udføres ved hjælp af forskellige metoder (fig. 1).

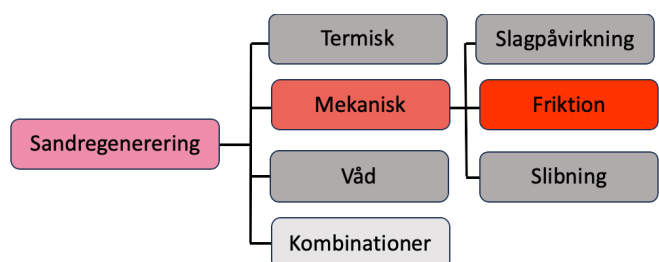


Fig. 1: Forskellige sandregenereringsmetoder

Der er normalt stor variation i udslagsandet støberierne imellem. Det optimale valg af regenereringsproces foretages bedst i tæt samarbejde mellem udstyrsfabrikanterne, bindemiddelleverandørerne og det pågældende støberi. Et optimalt design af den samlede regenereringsproces kan kun foretages efter bedømmelsen af det brugte støberisand og den planlagte genanvendelse efter regenerering. Yderligere overvejelser om procesvalg vil i denne artikel koncentrere sig om mekanisk regenerering. Medmindre andet udtrykkeligt er angivet, henviser udtrykket "regenerering" i det følgende altid til mekanisk regenerering.

MEKANISK REGENERERING AF SAND

De mekaniske regenereringsprocesser kan opdeles i forskellige undergrupper. Det kan som vist i fig. 1 dreje sig om en kornrensningssproces ved hjælp forskellige metoder, hvorpå sandkornene påvirkes mekanisk. Regenerering af brugt sand er en sammenhængende proces, som indeholder flere faser af for- og efterbehandling af det brugte sand samt selve renseprocessen af sandkornene. Afhængigt af den valgte regenereringsproces og det tilgængelige udgangsmateriale (brugt sand) skal det altid tilsikres, at betingelserne for en effektiv regenerering er tilstede, som for eksempel sandets restfugtighed eller adskillelse af form- og kernesand. Disse betingelser opnås igennem sandets forbehandling, som skal sikre, at de krævede regenereringsegenskaber opnås. De bestemmes også i høj grad af det valgte regenereringsudstyr og de anvendte procesparametre. Det korrekte forhold mellem regenereringsgraden, (dvs. mængden af tilbageværende binderresten og støv sammenlignet med det brugte ubehandlede sand) og regenereringsudbyttet (dvs. forholdet mellem andel brugbart regenereret sand i forhold til det brugte sand) skal overholdes. For den økonomiske drift af et regenereringsanlæg gælder følgende sagt på en forenklet måde: "Regenerer så rent som nødvendigt, og producer så meget som muligt!". Afhængigt af det ønskede genanvendelsesformål sikrer en tilknyttet efterbehandling af det regenererede sand, at yderligere målparametre kan overholdes, f.eks. en ønsket sandtemperatur, som ikke direkte kan opnås under regenereringsprocessen.

MEKANISK REGENERERING VED FRIKTION - USR-II

HWS-sandregenereringsanlæg USR-II (Ultra Sand Reclaimer) med en behandlingskapacitet på op til 5 ton brugt sand i timen udgør hjertet i et HWS-regenereringsanlæg designet til støberier med vådsandformning (fig. 2). Med USR-II opnås en effektiv adskillelse og rensning af sandkorn, baseret på en friktionsproces, og med stor fleksibilitet med hensyn til det brugte sands sammensætning og mængde. Processen kan justeres individuelt med henblik på et højt regenereringsudbytte for både nemt og vanskeligt regenererbart brugt sand. En vigtig funktion er den skånsomme skrubning mellem sandkornene, hvor der kun anvendes friktion og ingen yderligere skrubbemetoder. Derved minimerer man chancen for at sandkornene spaltes samtidigt med at sliddet på sandkornene bliver begrænset.

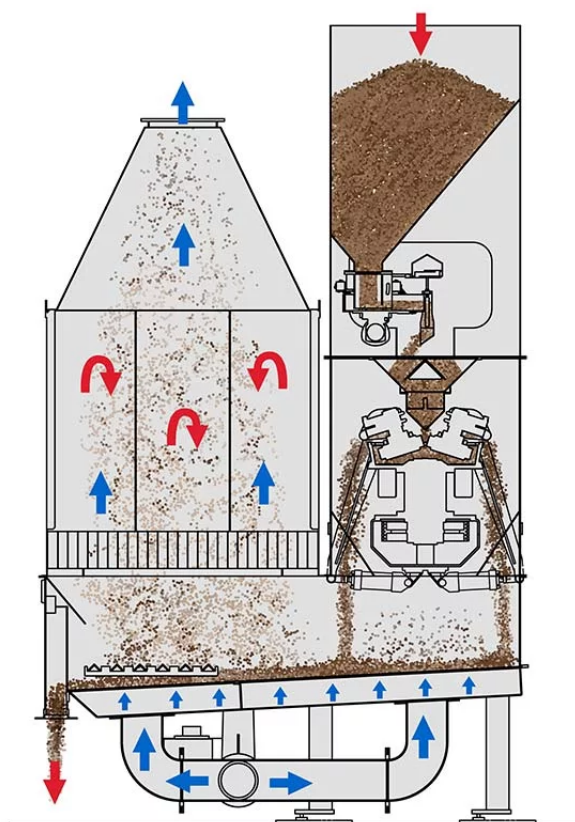


Fig. 2: HWS-USR II regenereringsanlæg med kølersigte

Det aktive friktionsprincip bruges til at fjerne bindemiddelresterne fra sandkornene. Dette opnås ved at det brugte sand ved hjælp af en vibrationsfoder kontinuerligt ledes ned mellem to roterende keramiske trykruller i en roterende tromle (se fig. 3). De to roterende keramiske trykruller kan påføre et varierende tryk på sandet mellem rullerne og tromle. Takket være muligheden for at variere kontaktrykket kan renseprocessen skræddersyes individuelt til det enkelte støberis sandkarakteristika. Bindemiddelresterne skrubbes af, korn for korn. Dette princip er den mest skånsomme variant af mekanisk regenerering og resulterer i et meget højt regenereringsudbytte.



Fig. 3: Friktionsprincip i USR-II

For at opnå en lang levetid for tromlen og trykruller, som er i kontakt med sandet, er disse belagt med et keramisk materiale. En jævn tilførsel af brugt sand fortrænger løbende

det allerede regenererede sand og bindemiddelstøv fra den roterende tromle.

Den regenererede sand-støvblending falder ned i den integrerede kølersigte, der er placeret under kornrensningssektionen. I kølersigten fluidiseres sandlaget, der opstår et såkaldt fluid-bed, hvor de finere sandpartikler og rester af binder hvirvles op og kan afsuges. De større sandkorn transporteres videre i kølersigten til maskinens udløb.

Ved regenerering af kernesand fra et vådsandsformanlæg gentages denne proces (fig. 4) typisk to til fire gange, afhængigt af de ønskede sandegenskaber efter regenerering. Med det rigtige procesgennemløb kan denne kontinuerlige flowproces med godt resultat genbruge tæt på 100 % regenereret kernesand.

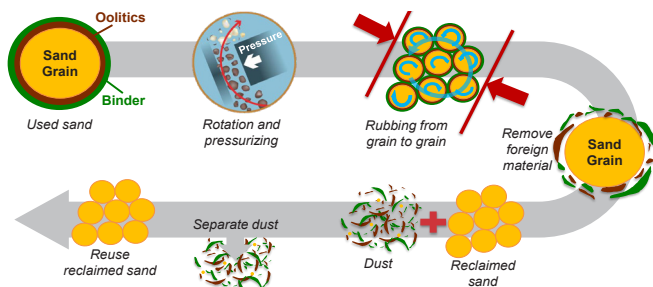


Fig. 4: Regenereringsflow USR-II-skematisk

HWS FORSØGSANLÆG TIL REGENERERING AF SAND

Interesserede støberier har mulighed for at afprøve HWS regenereringsanlæggets effektivitet ved at låne et forsøgsanlæg. Med anlægget i et næsten USR-II-seriemæssigt design kan der udføres regenereringsforsøg under næsten produktionsidentiske forhold. Her er fokus på, om anlægget er egnet til den ønskede regenerering, samt at bestemme de ønskede procesparametrene til det konceptuelle design af et samlet anlæg.

FÆLLES REGENERERINGSFORSØG

I det følgende beskrives repræsentative uddrag fra nogle regenereringsforsøg, som er udført i samarbejde med europæiske støberier og med forskellige målsætninger for anvendelsen af det regenererede sand. Ud over anvendelse i kernemageriet, hvor der anvendes store mængder nyt sand, kan det regenererede sand også anvendes som

en erstatning for nysandstilsætninger til vådsandet. Tre eksempler med brugt sand med forskellige sammensætninger af form- og kernesand beskrives i det følgende. Desuden vises en klassificering af forsøgsresultaterne.

EKSEMPEL 1 – ALUMINIUMSTØBERI, FORMNING I VÅDSAND MED >95% COLD BOX KERNESAND

Anvendelsesformål: det regenererede sand anvendes i kernemageriet som en forholdsmæssig erstatning for nyt kernesand. Mål for regenereringsgraden er 50% til 75% (undtagelsesvist op til 100%) til cold-box kernesand.

Fig. 5 viser en billedserie af sandkornene (optisk mikroskop 200x forstørrelse) fra de forskellige gennemløb i regenereringsanlægget. Der blev opnået en betydelig rensning af kornoverfladerne med kun en meget begrænset kantafrunding, og uden at forårsage væsentlige kornbrud.

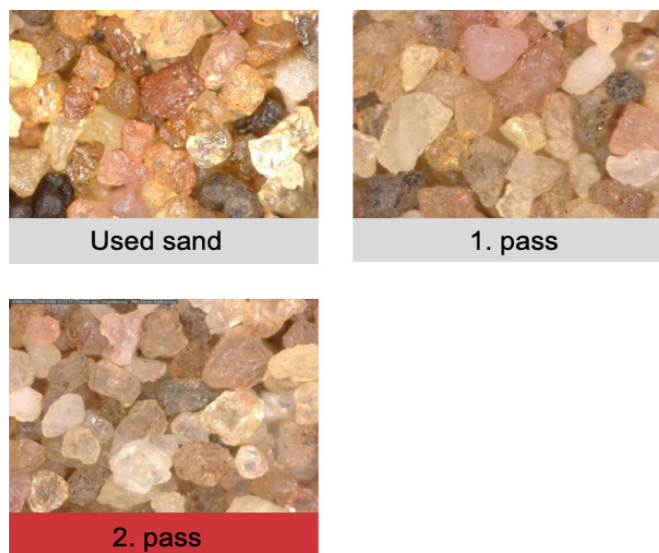


Fig. 5: Billeder af brugt og regenereret sand - Eksempel 1

Derudover viser fig. 6, at kornstørrelsesfordelingskurven kun ændrede sig lidt i løbet af de enkelte regenereringsgennemløb i forhold til referenceværdien for nyt kernesand.

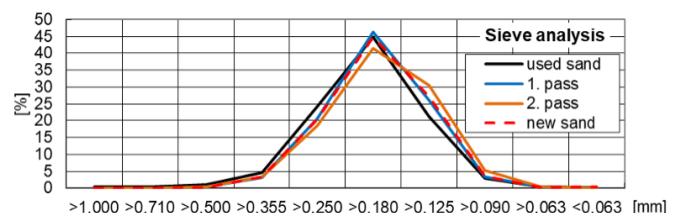


Fig. 6: Sandanalyse eksempel 1

Fig. 7 viser glødetabet (LOI) ved de respektive gennemløb og regenereringseffektiviteten.

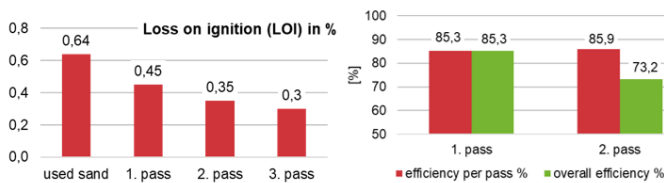


Fig. 7: Glødetab (tv) – Effektivitet (th) – Eksempel 1

Glødetabet reduceres procentuelt efter hvert gennemløb og rensningsgraden forøges. Når der efterhånden er mindre fremmedmateriale på sandkornenes overflade er effekten af regenereringen blevet større, men mængden af fjernet materiale er blevet mindre; disse forhold er vist som de røde og grønne effektivitetssøjler. Ud over rensningsgraden er indholdet af støv og finpartikler i det regenererede sand en vigtig parameter til bestemmelse af anvendeligheden af det regenererede sand; dette betyder, at kontrol med afsugning af støv og finpartikler i kølesigten spiller en afgørende rolle. Andre vigtigere parametre for vådsandets egenskaber er glødetab, aktivt ler, slemstof, pH-værdi og elektrisk ledningsevne. For organisk bundet kernesand er det glødetab, pH-værdi og elektrisk ledningsevne kritiske parametre. Fig. 8 viser disse sandegenskabsers indflydelse på cold-box kerner.

Cold-box sandets egenskaber	Betydning			
	Ændring	Binder-tilsætning	Fremstillings-tid	Kernestyrke
vandindhold	↑	—	—	↓
glødetab	↑	↑	—	↓
pH-værdi	↑	—	—	↓
pH-værdi	↓	—	↑	↓
syreforbrug	↑	—	↓	↓
syreforbrug	↑	—	↑	↓
middelkornstørrelse	↑	↓	—	↑

Fig. 8: Sandegenskabsers indflydelse på cold box kerner

Fig. 9 viser evalueringen af bøjebudstyrken for sandprøver med forskellige andele af nyt kernesand. Det fremgår, at værdierne for bøjebudstyrken kunne opretholdes

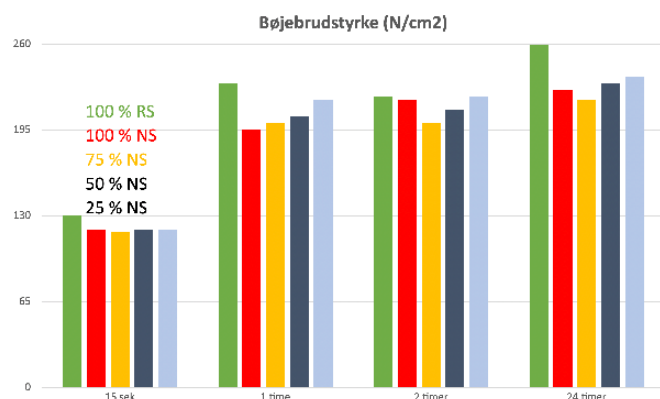


Fig. 9: Bøjebudstyrker af forsøgs-kerner- Eksempel 1

eller overgå ny-sandsværdierne. Prøverne blev fremstillet med cold-box med samme binder- og hærder tilsætning. De højere styrker med stigende indhold af regenereret sand kan forklares med, at der er binderresten tilbage i sandkornenes overfladefordybninger og mikrovæner, og med det samme bindertilsætning er der således mere bindemiddel til rådighed til sandkornets bindinger end ved anvendelse af nysand. Også sandkornenes lette kantaf-runding kan have en gavnlig effekt.

På baggrund af de opnåede værdier viste yderligere undersøgelser, der involverede bindemiddelleverandøren, yderligere optimeringsmuligheder for at reducere bindemiddelindholdet og samtidig opretholde de ønskede kernestyrker.

EKSEMPEL 2 - VÅDSANDSTØBERI MED <10-20% KERNESAND FRA COLD-BOX:

Anvendelsesformål: I kernemageriet som proportionel erstatning for nyt sand til cold-box kerner.

Fig. 10 viser en billedserie af sandkornene (optisk mikroskop 200x forstørrelse) fra de forskellige gennemløb, hvor man kan se den stigende kornrensning. Allerede efter tre regenereringsgennemløb kunne målværdierne for regenererede sand opnås.

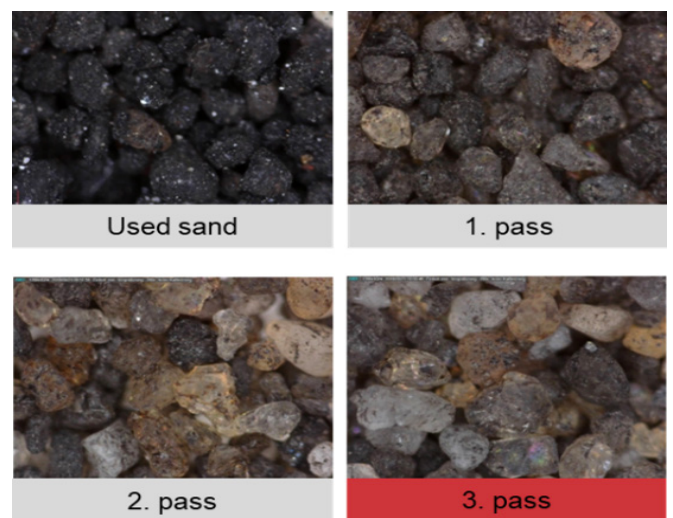


Fig. 10: Billeder af brugt og regenereret sand - Eksempel 2

Det fremgår af fig. 11, at det fjerde gennemløb kun giver en minimal forbedring. Ved at undgå dette fjerde gennemløb kan der opnås en højere effektivitet samt et forenklet anlægskoncept og mindre driftsomkostninger for det samlede anlæg. Samtidigt reduceres den mængde støv,

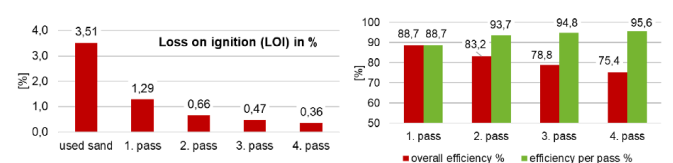


Fig. 11: Glødetab (tv) – Effektivitet (th) - Eksempel 2

der skal bortskaffes. Det er vigtigt kun at rense så meget som nødvendigt, ikke så meget som muligt. På den måde opnås en økonomisk drift af regenereringsanlægget.

Empiriske værdier viser en tendens til, at brugt sand kan genanvendes når glødetabet er lig med eller mindre ned 0,5 %. Denne værdi alene kan dog ikke garantere, at sandet er brugbart. Således bør sandet også overholde de yderligere kriterier som er vist i fig. 8. Den endelige genanvendelighed skal verificeres i hvert enkelt tilfælde på baggrund af de ønskede sandspecifikationer.

EKSEMPEL 3 - VÅDSANDSTØBERI MED <10% COLD-BOX KERNESAND:
Anvendelsesformål: I kernemageriet som proportionel erstatning for nyt sand til cold-box kerner.

Fig. 12 viser en billedserie af sandkornene (optisk mikroskop 200x forstørrelse) fra de forskellige gennemløb. Som i eksempel 2 kunne den ønskede rensningsgrad opnås efter tre gennemløb.

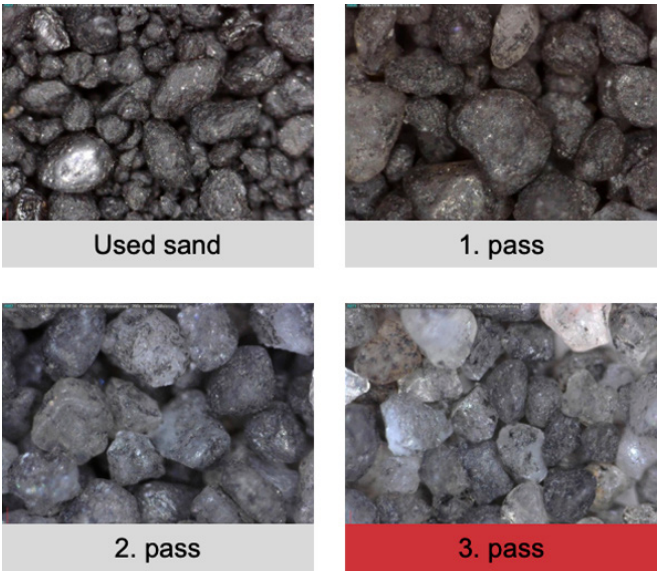


Fig. 12: Billeder af brugt og regenereret sand - Eksempel 3

Desuden blev dette regenererede sand sigtet for yderligere at reducere indholdet af finpartikler og støv (materiale <0,090 mm). Kravet til regenereringskvaliteten var så vidt muligt at opnå de samme styrkeværdier med det samme bindemiddeltilsætning som anvendes til sandkerner fremstillet i nysand.

Fig. 13 viser de tilsvarende sigtekurver for de forskellige gennemløb. Den ekstra sigtning (dedusted) forårsagede et betydeligt fald i finstofindholdet efter den tredje pas-sage.

Fig 14 viser forholdet mellem glødetab og effektivitet for de enkelte gennemløb og den efterfølgende sigtning.

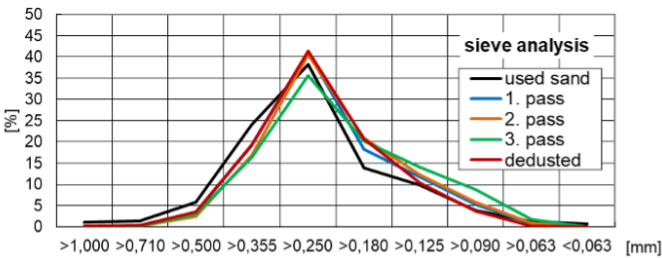


Fig. 13: Sandanalyse – Eksempel 3

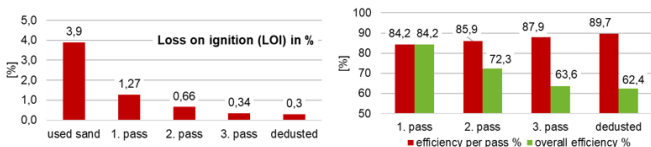


Fig. 14: Glødetab (tv) – Effektivitet (th) - Eksempel 3

Tabel 1 viser prøveresultaterne fra kernesand med 100 % nysand og med 70% regenereret-/30 % nysand. Prøverne blev udført med cold-box, hvor der til det blandede sand blev tilsat lidt mere binder (+ 0,05%) for at opnå de nødvendige styrker.

Tid	100 % NS (N/mm²) (serieproduktion)	70 % NS + 30% RS (N/mm²) (forsøgskerner)
10 min.	255	Sammenlignelig med serieproduktion*)
3 timer	240	Sammenlignelig med serieproduktion*)
24 timer	250-255	Sammenlignelig med serieproduktion*)

*) bindertilsætning tilpasset med + 0,05%

Tabel 1: Styrkesammenligning – Eksempel 3

De beskrevne regenereringsforsøg og sammenligningen af forsøgresultaterne viser tydeligt, at de respektive støberiers form- og kernesand skal betragtes individuelt. Især skal egnetheden til regenerering afhængigt af de definerede målspecifikationer undersøges. Evalueringen og fortolkningen af alle data sammen med procesleverandører og støberi danner grundlag for et skræddersyet helhedskoncept.

REGENERERING AF BRUGT KERNESAND I STEDET FOR DEPONERING

Er regenerering af brugt kernesand et reelt alternativ til deponering? Mange støberier må stille sig selv dette spørgsmål. Hvis det er muligt at anvende det regenererede sand og udvirke en individuel konceptplanlægning i samarbejde med procesleverandøren samt at en økonomisk analyse af den samlede investering viser sig positiv, kan genvinding være et reelt alternativ.

Herudover skal der sikres en bæredygtig omkostningsre-

duktion. Andre effekter, såsom bevarelse af naturressourcer og anlæggets forbedrede CO₂-balance, bidrager også til øget bæredygtighed og bør tages i betragtning i beslutningsprocessen for investeringsgodkendelse. Genvinding skal allerede i dag indgå i strategien for sikring af den langsigtede fremtid for vores støberier i Europa. Med sin regenereringsproces og tekniske bistand kan HWS tilbyde en fuldkommen service til at løse dette problem.

.....

Artiklen er fra diverse HWS publikationer. Bearbejdet for STØBERIET af Herbert Wolthoorn.

**For yderligere information: Magnus Kihlström
<magnus.kihlstrom@karlebo.se>**