

Grundlæggende støberiteknologi: Støbefejl i jernstøbegods

AF HERBERT WOLTHOORN, REDAKTØR STØBERIET

Indledning

Støbefejl i jernstøbegods omfatter fejl, som kunden af forskellige grunde ikke kan acceptere. En væsentlig grund kan være, at fejlen svækker godset så meget, at for eksempel de ønskede krav til styrke eller hårdhed ikke kan overholdes. Det kan også være, at fejlen nedsætter eller forhindrer godsets anvendelighed, fx bladribber, der blokerer gennemstrømning i kølekanaler, eller der kan være kosmetiske årsager. Endelig kan der også være støbefejl, som ikke har nogen betydning for godsets funktion, men som kunden, sommetider af uvidenhed, alligevel ikke kan acceptere.

Selv ved en minimal vagprocent kan omkostningerne til korrektion være meget store, og derfor er det vigtigt at have et grundigt kendskab til støbefejl, til de mulige fejlforsager samt til hvordan man kan forhindre fejlen i at opstå igen.

Typer af støbefejl

I den gamle svenske håndbog fra 1976 over støbefejl "Gjutfelsanalys" omtales cirka 80 forskellige typer støbefejl. Nogle af disse fejl optræder kun uhyre sjældent i de danske støberier, fordi de kun findes i forbindelse med metaller, der kun undtagelsesvist støbes i Danmark, fx magnesiumlegeringer, eller de skyldes en støberipraksis, som ikke længere anvendes, fx tørring af råsandforme. Imidlertid er der siden håndbogen blev udgivet også kommet fokus på andre fejltypen, som tidligere ikke spillede en stor rolle; her tænkes på de, sommetider urimelig, store krav til støbegodsets overfladestruktur.

En omtale af alle typer støbefejl ligger udenfor denne artikels muligheder. Derfor begrænser denne artikel sig til de oftest forekommende, samt nogle af de parametre i fremstillingsprocesserne, der kan være årsag til disse støbefejl. Desuden begrænser artiklen sig til fejl i jernstøbegods, der er støbt i furansandsforme, og hvor kerner er fremstillet i furan eller coldbox. Disse fejl kan også optræde ved andre form- og kernefremstillingsmetoder, men en nærmere omtale heraf ligger også udenfor denne artikels muligheder.

Fejlfinding og navngivning

Overfladefejl er selvfølgelig nemmere at finde end indvendige fejl. Indvendige fejl kan eventuelt afsløres under bearbejdningen, men ellers kræves anvendelse af teknikker

som røntgen og ultralydsundersøgelse. Når fejlen er fundet skal den registreres med den korrekte betegnelse. Da det ikke er ualmindeligt at der optræder forskellige navne for samme fejl, eller hvad der er værre, samme navn for forskellige fejl, kan det efterfølgende systematiske arbejde, med at forhindre støbefejl i at opstå igen, vanskeliggøres. Hvis, for eksempel, en blæsning bliver registreret som en slaggeindeslutning vil man hovedsageligt have fokus på, hvordan slagge opstår og ikke, hvordan blæsninger opstår. Dette lyder banalt, men i virkeligheden er det ikke sjældent man bruger en masse tid på at lede efter de forkerte årsager.

Fejlfinding er derfor forholdsvis nemt, mens korrekt benævnelse kræver en del viden og erfaring.

Hvordan forhindres støbefejl

Fremstilling af støbegods indebærer flere procestrin, i hvilke man kan finde årsagen til fejlene i det færdigstøbte gods. Især under smeltning, støbning, form- og kernefremstillingsprocesserne findes de fleste årsager til støbefejl. Derfor er det vigtigt at have kendskab til disse nøgleprocessernes variable for at kunne forhindre fejl i at gentage sig.

For at nævne nogle eksempler, i smelteriet kan en ændring i chargesammensætning, holdetid eller støbetemperatur være årsag til støbefejl. I form- og kernemageriet kan der være nye bindemidler, sværter, modeller eller kernekasser i brug. Perioder med høj luftfugtighed eller nyansatte medarbejdere skal også tages i betragtning. Der er således mange procesvariable, som hver for sig eller i kombination kan være årsag til forskellige typer støbefejl.

I modsætning til for få årtier siden har de fleste støberier nu rådighed over forskelligt måle- og analyseudstyr såsom spektrometre, ultralyd og termisk analyseudstyr. Desuden giver moderne udstyr mulighed for statistisk databehandling af resultaterne. Det er dog vigtigt, at disse databehandlede analyseresultater bruges på en praktisk anvendelig måde og ikke blot arkiveres og glemmes. De mest almindelige støbefejl

I praksis er der et fåtal typer støbefejl, der volder støberierne flest problemer, herunder følgende: slagge, sandindeslutninger, sugninger, gasfejl, påbrænding og penetration, bladribber og sjusk. Hvor alvorligt en fejl skal klassificeres afhænger af kravene til godset, som jo igen afspejler godsets endelige funktion.

Slaggeindeslutninger

Det smeltede metal reagerer med luftens ilt, med ovenfor og andet ildfast materiale og også af og til uhensigtsmæssigt med tilsætningsmaterialer. En fælles betegnelse for reaktionsprodukterne er slagge, og som det fremgår kan slagger have en meget varierende sammensætning. Herudover kan medrevne stykker af det ildfaste materiale fra ovne, render og skeer også ende i godset, hvor de ofte også betegnes som slagger.

Slagger er således en varieret og uundgåelig fejkilde ved smeltning af jern og består af oxider, sulfider og silikater af jern, mangan, silicium, aluminium og andre metaller. Slaggeindeslutninger er ofte ansvarlige for en stor del af støbevraket.

Under nedsmeltning, afkøling og størkning er jernet i kontakt med luftens atmosfære og smeltens overflade med medfølgende fremmede metaller oxideres. Det er især disse oxider, der skaber problemer i støberiet. I gråjern gælder det fx jern-, mangan-, silicium- og aluminiumoxider, mens det i segjern især er magnesiumoxider. Derfor er kontrol med smeltens iltoptagelse afgørende vigtig. Iltten optages ikke alene fra luften, men også fra rust på metalskrot, fugtige skeer etc. Disse forhold skal derfor altid holdes under opsyn, uanset om der findes slaggeproblemer eller ej.

Iltoptagelsen begynder under smeltning, hvor der løbende optages ilt, og hvor der dannes oxider med smeltens jern, silicium etc. Når jernets temperatur overstiger ca. 1500 begynder kulstofindholdet i smelten at reagere med nogle af oxiderne i slaggerne under dannelse af gasformigt kulilte, som stiger til overfladen. Man siger at smelten koger. Herved bliver smelten afiltet og oxiderne reduceret tilbage til metal. Det kunne derfor virke som en udmærket ide at koge smelten tilstrækkelig længe, så alle slagger bliver opløst. Imidlertid forsvinder dermed også de nødvendige kim for grafitdannelse, men siger at jernet dødbrænder. Derfor skal jernet kun koges i ganske kort tid. Desuden optager smelten mest ilt lige under kogepunktet i et såkaldt ligevægtsområde. Dette område er i støbejernssmelter fra cirka 1410 til 1480 °C, og derfor skal dette temperaturinterval passeres hurtigst muligt og undgås ved varmholdning.

For at minimere risikoen for slaggerelaterede støbefejl skal man holde styr på temperaturforholdene.

Når en smelte er klar til støbning, skal den kortvarigt overophedes/koges, hvorefter den kan udstøbes. Imidlertid dannes nye slagger på grund af faldende temperatur, når metallet transporteres i render og skeer. Disse slagger skal fjernes ved en effektiv afslagningsproces og tilbageholdes bedst muligt i et effektivt indløbssystem.

Når støbningen forgår turbulent, optager smelten yderligere ilt, og dermed dannes yderligere slagger. Derfor skal unødigt omhældning undgås, og rolig formfyldning efterstræbes.

Vær opmærksom på, at pode- og magnesiumbehandlingsmidler kan indeholde grundstoffer der nemt iltes og med en begrænset opløselighed i flydende jern. De danner slagger, især ved lav støbetemperatur, turbulent støbning og for store tilsætninger.

Måske er det unødigt at nævne, men husk at det sidste metal i støbeskeen ofte indeholder mange slagger og derfor skal tømmes i en spildbakke, naturligvis over modsatte kant af støbeskeens tud.

Slagger er lettere end jern og derfor findes de ofte i overfladen på støbegodsets øvre dele, eller under kerner. Et eksempel er vist i fig. 1. Ofte kan det være svært at afgøre om fejlen skyldes slagger eller sand, især efter en sandblæsning, hvor slagge og sandrester er fjernet.



Fig. 1: Slaggefejl

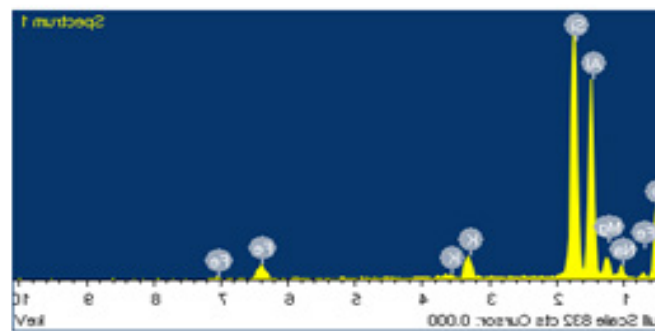
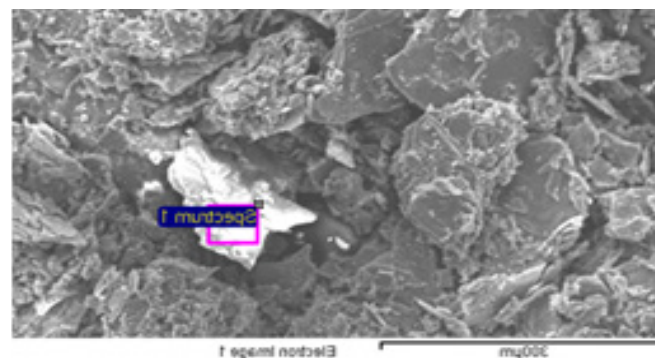


Fig. 2: Elektronmikroskopi af støbefejl

Den præcise fejlårsag kan være vanskeligt at afgøre med det blotte øje. Skyldes den oxider, uopløst podemiddel, sand eller andet. Hvis det er nødvendigt, kan en nærmere undersøgelse med fx elektronmikroskopi hjælpe med at finde den præcise fejlårsag (fig. 2).

Under størkningen kan slagterne reagerer med luftbobler i smelten. Disse bobler vil stige op sætte sig i godsets overflade, hvor de viser sig som gasblærer (fig. 3). Disse huller kan fortsat indeholde synlige slaggepartikler, men hvis slaggereaktionen i luftboblerne er løbet til ende er der kun gasblærer tilbage. I så fald ligner fejlen en blæsning og registres ofte som en blæsning, mens det mere rigtigt burde kaldes en slaggeblæsning. Uanset hvad den kaldes skyldes den primært slagge og ikke smeltens gassindhold.



Fig. 3: Slaggeblæsninger

Sandindeslutninger

Sandindeslutninger er forholdsvis nemme at genkende, hvis der vel at bemærke kan observeres sandrester. Fig. 4 viser en sandindeslutning i en bearbejdet overflade, hvor man tydeligt kan se sandkorn.

Sandindeslutninger kommer fra forme og kerner. Det kan være løst sand fra en ikke fuldstændigt rengjort form,

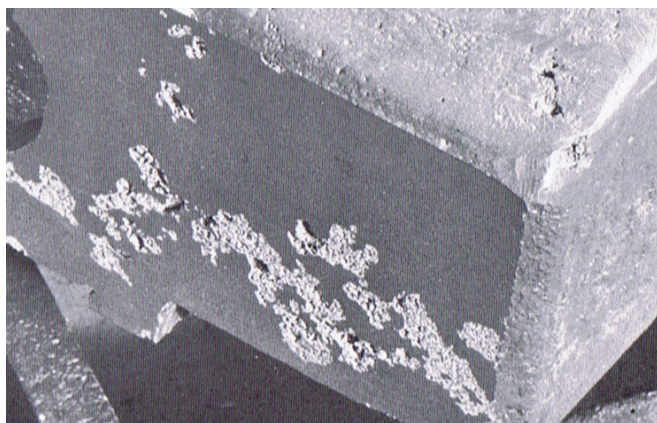


Fig. 4: Sandindeslutning

sandrester fra en trykket form, afrevet sand fra turbulent støbning etc.

Forme og kerner, som er for svage, ikke tilstrækkeligt komprimerede eller beskadigede fremmer også risiko for sandindeslutninger.

Sugninger

Når jernet afkøles formindskes dets volumen, og hvis der ikke efterfødes opstår et hulrum i godset, en såkaldt sugning. SG-jern har større sugningstendens end gråjern og skal derfor næsten altid efterfødes.

Der kan være tale om udvendige sugninger (nedsynknin-ger) eller indvendige sugninger. De sidste er selvfølgelig vanskeligere at opdage. Fig. 5 viser en udvendig sugning og fig. 6 en indvendig sugning, der først blev synlig efter bearbejdning.

En sugning betyder ikke nødvendigvis at godset skal kasseres. Hvis sugningen ligger i et område, hvor den ikke påvirker styrken af godset, burde den kunne accepteres. Det er klart, at kunden foretrækker helt fejlfrit støbegods, og derfor kan det være svært at overbevise kunden om, at en sugning under visse omstændigheder ikke har betydning for godsets mekaniske egenskaber.

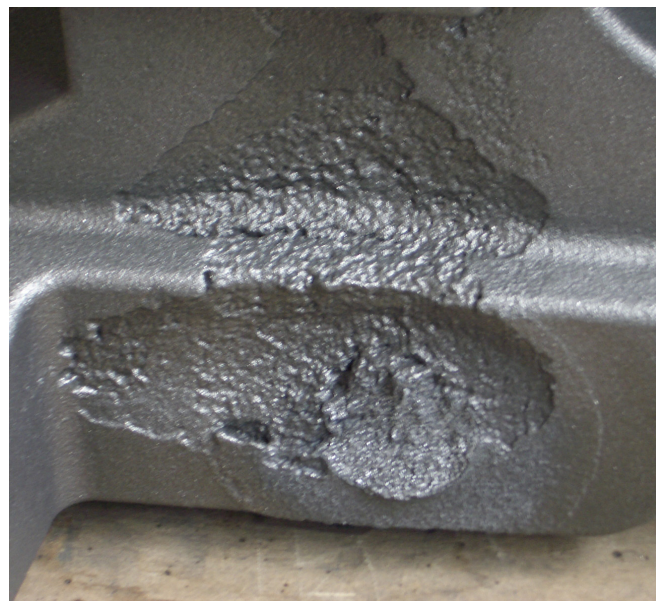


Fig. 5: Udvendig sugning



Fig. 6: Indvendig sugning

Tidligere krævede det forholdsvis stor erfaring at kunne forudsige, hvor sugninger sandsynligvis ville optræde og især, hvordan de kunne undgås.

I dag findes forskellige simuleringværktøjer for størkningsforløb (fig. 7), som gør dette arbejde betydeligt nemmere.

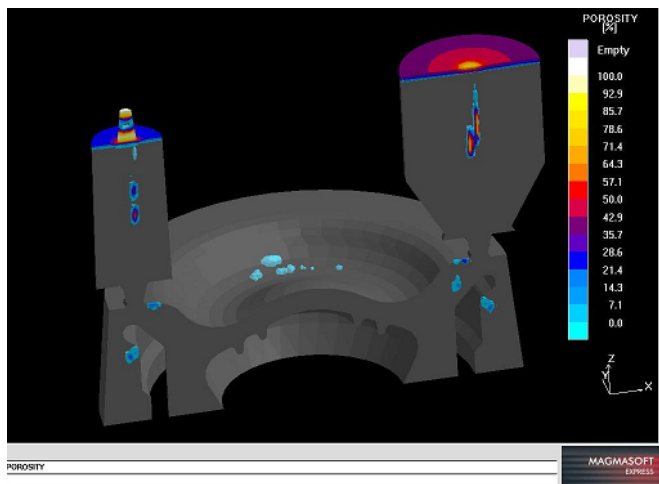


Fig. 7: Størkningssimulering (Magma)

Sugningstendensen påvirkes i høj grad af jernets kemiske sammensætning, podning, magnesiumbehandling og støbetemperaturen. Også formstabilitet, anvendt indløbs- og efterfødningssteknik samt støbegodsets design har indflydelse på sugningstendensen. Når der optræder sugninger, er der derfor en lang række af disse procesvariable, der skal kontrolleres.

Bemærk at formstabilitet ikke kun afhænger af formsandets styrke. Anvendelse af tilstrækkelig dødsvægt på for-



Fig. 8: Der skal ikke spares på dødsvægte

mens overpart, det vil sige minimalt 4 x godsvægten, kan være afgørende vigtigt (fig. 8)

Herudover skal formkasserne også være stabile. Støbte formkasser er at foretrække, svejste er mindre stabile. Anvendelse af slidte formkasser bidrager selvfølgelig heller ikke til formstabiliteten. Fig. 9 viser sådanne formkasser, som er kassable, men ofte ses anvendt alligevel.

Overpodning, overnodularisering, anvendelse af billige eller beskadigede efterfødere, slidte kokiller og for stor udnyttelse af en formkasse kan ligeledes være årsag til sugninger. Ved kasseløs formning skal der opretholdes en minimal afstand mellem godset og formens sider for at sikre en formstyrke, der kan modstå jernets ekspansionstryk indtil jernet er størknet.



Fig. 9: Ubrugelige formkasser

Gasfejl

Gasfejl i støbegods kan have mange forskellige udformninger og ligeså mange forskellige årsager. Gasfejl skyldes hovedsageligt en metalsmelte med for højt gasindhold, samt gasser frigivet fra forme og kerner. Herudover kan rustne kernestivere og kokiller indeholde fugt og derved bidrage til gasfejl

De grundlæggende årsager til gasfejl skal derfor hovedsageligt findes i jernets og formmaterialets egenskaber. I mange tilfælde vil gasfejl ikke skyldes én enkel årsag, men snarere være resultatet af den kombinerede virkning af flere årsager.

Gasfejl kan vises sig ofte som porøsiteter, primært fra en smelte med for højt gasindhold, eller som blæsninger, der skyldes gasser fra forme og kerner.

Porøsiteter fra gasser i smelten

Disse porøsiteter skyldes især smelten indhold af brint og kvælstof. Opløseligheden af disse gasser er meget større i flydende støbejern end i størknet. Under smeltens afkøling udskilles disse gasser og kan danne gasfejl. Fig. 10 vise en typisk gasfejl.

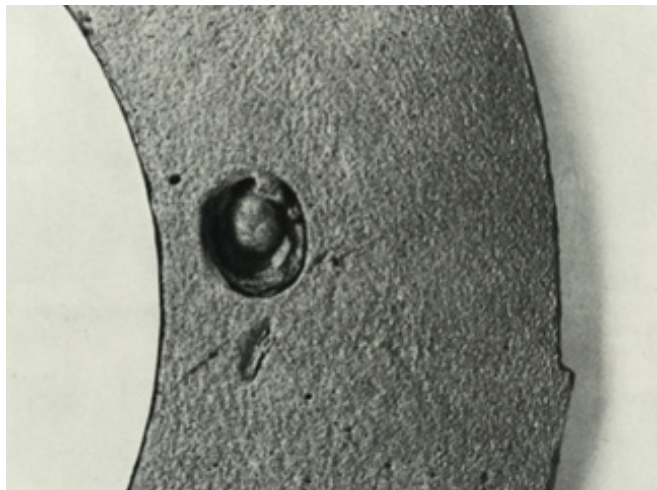


Fig. 10: Gasfejl

Brint

Et for højt brintindhold i smelten kan være årsag til nålestikporøsiteter eller pinholes. Disse kan have afrundet eller uregelmæssigt udseende og ligger ofte direkte under eller i overfladen af godset og ofte som små runde huller. Fig. 11 viser et emne med pinholes, som kan være op til flere centimeter dybe.

I tykvægget langsomt afkølede støbegods har det hurtigt diffunderende brint tid at kunne undslippe støbegodset. I hurtigt afkølede støbegods er størkningstiden for kort til at brinten kan undslippe, og derfor findes pinholes typisk i lettere støbegods og i godsets tyndere sektioner.

Brint kan dannes når vanddamp reagerer med smelten og



Fig. 11: Pinholes

danner metaloxider og atomar brint, der hurtigt kan diffundere ind i det flydende metal. Jo højere brintindholdet i smelten er, jo større bliver tendensen til dannelse af gasfejl.

For højt brintindhold i smelten kan blandt andet skyldes fugtigt eller rustent skrot, fugtige forme, fugtindhold i ferrolegeringer samt fugtige skeer.

I smelten er det især aluminium, som kan fremme spaltning af vanddamp og dermed øge brintindholdet i smelten. Indholds niveauer som lavt som 0,005 % og 0,01 % aluminium i hhv. gråjern og SG-jern kan være kritiske. Det magnesium, der bruges til SG-jerns behandling kan også fremme absorbering af yderligere brint i smelten og dermed være en kilde til pinholes.

Kvælstof

Gråjern bør indeholde ca. 70-90 ppm kvælstof for at sikre tilstrækkelig styrke og hårdhed, men hvis kvælstofindholdet bliver for højt kan der opstå revneagtige gasfejl. I modsætning til brint har kvælstof en relativ lav diffusionshastighed i støbejern, og fejlen optræder derfor først og fremmest i de langsomt afkølede godssektioner, hvor kvælstoffet har tid til at sprede sig. I svært støbegods kan 70 ppm kvælstof være kritisk, mens grænsen i tyndvægget støbegods kan være 130 ppm.

Fig. 12 viser kvælstoffejl, de såkaldte kommafejl, i en ud-boring i et massivt emne. Disse fejl har en dendritisk overfladestruktur og kan derfor være vanskeligt at skelne fra sugninger, især hvis de findes i godsets termiske centrum. I så fald må en kvælstofanalyse afgøre årsagen.

Nitrogen i smelten kommer som oftest fra stålskrottet eller ferrolegeringer. Desuden kan opkulsingsgrat indeholder kvælstof. Således er rent grafit kvælstoffrit mens petroleumskoks kan indeholde over 2 % kvælstof.

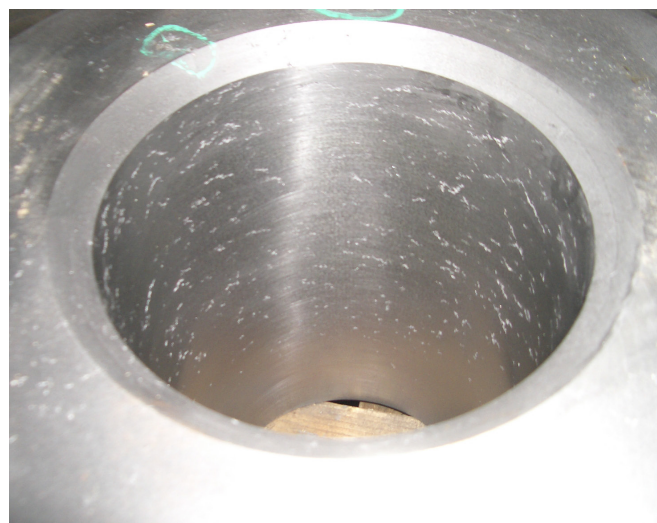


Fig. 12: Kommafejl

Gasfejl fra form- og kernemateriale

Blæsninger

Blæsninger er også en hyppigt forekommende støbefejl. De fleste form- og kernematerialer indeholder organisk materiale, som under varmepåvirkning frigiver gasser. Utilstrækkeligt tørrede sværter kan også være årsag til gasdannelse. Når disse gasser ikke kan slippe bort fra formen forårsager gastrykket et indtryk i godsoverfladen, en blæsning, som generelt er relativt store og med oval form. Overfladen er normalt glat, så de kan sommetider forveksles med koldløbninger. Fig. 13 viser en blæsning fra en kerne.

Blæsninger kan undgås ved tilstrækkelig luftafgang fra forme og kerner, fx gennem formens skilleflade, formvæggen, stigetappe eller indlagte luftkanaler i kerner.

Kernegasser kan bortledes gennem kernerens anvisere og videre gennem formen til det frie. Vær opmærksom på, at sådanne luftafgange ikke blive tilstoppet eller blokeret af kernelim, tætningssnor etc. Vær også opmærksom på, at et sværtelag kan blokere for luftafgangen. Anviser skal derfor helt eller delvist være fri for sværte. På den anden side skal den del af kernen, som bliver omsluttet af smelten være sværtet. Hvis dette sværtelag er beskadiget, fx under transport eller lagring, kan det forårsage en lokal blæsning i godset.

Vær også opmærksom på, at enhver øget brug af et bindemiddel forøger risikoen for blæsninger. Derfor skal sandmixere regelmæssigt kalibreres og rengøres. Fig. 14 viser en mixersnegl, som ikke har været rengjort længe. I sådanne tilfælde formindskes sandgennemstrømningen mens bindertilsætning bibeholdes og gasfejl bliver nærmest uundgåelige.



Fig. 13: Kerneblæsning



Fig. 14: Mangelfuld rengøring af mixersnegl

Lav støbetemperatur fremmer blæsninger, og derfor skal man være opmærksom på, om blæsninger optræder generelt eller kun ved støbning af de sidste emner, som jo ofte støbes koldere end de første. I så fald er fejlårsagen for lav støbetemperatur og ikke mangelfuld udluftning. Pinholes, der skyldes brint fra formmaterialets fugt forekommer hyppigere end pinholes fra en smelte med højt kvælstofindhold. Ofte findes disse pinholes i de dele af godset, hvor smelten kommer sidst og har haft lang kontaktid med formmaterialet.

Kommafejl, som skyldes forme og kerner bundet med bindemidler, der indeholder urea, der under påvirkning af varme danner kvælstof, forekommer også hyppigere end kommafejl fra en smelte med højt kvælstofindhold.

Coldbox kerner bliver ofte associeret med kommafejl, men der er intet belæg for denne mistanke. Kvælstoffet i isocyanat (coldbox del II) er bundet således, at det under normale omstændigheder ikke danner kvælstof, men hvis der kommer vand i systemet kan der dannes urea, som kan medføre kvælstofdannelse.

Hvis der findes kommafejl i et udkernet område er årsagen med størst sandsynlighed en kerne med for højt indhold af urea. Før fingeren peges på selve bindemidlet bør det undersøges om doseringsmængden har ændret sig eller coldboxbinderen har kunnet optage fugt.

Kernestivere og kokiller

Det kan være nødvendigt at anvende kernestivere, som kan være potentielle kilder til blæsninger. Det er derfor absolut nødvendigt, at disse stivere er helt frie for fugt, snavs og rust. Kernestiver skal helst være fortinnet.

Kølekokiller i jern skal sandblæses før de anvendes og højst anvendes 5 gange, da der ved gentagne anvendelse kan opstå små revner i overfladen, som kan fastholde fugt, der ikke forsvinder ved sandblæsning. Fig. 15 viser stærkt rustne og mange gange brugte kokiller, som bør kasseres.

Ikke forvarmede kølekokiller må heller ikke anbringes i en varm og fugtig form, da fugt straks udfældes på en kold kokille. Anvendelse af en fugtspærrende kokillesvæerte kan også anbefales.



Fig 15: Gamle, rustne kokiller

Påbrænding og penetration

Der synes at mangle en almindeligt accepteret definition på begreberne påbrænding og penetration.

Almindeligvis tales om en påbrænding, når et tyndt sandlag har brændt sig fast på godsets som følge af sand med dårlig ildfasthed. En let påbrænding kan ofte fjernes ved sandblæsning mens en kraftig påbrænding kun kan fjernes ved slibning.

Påbrænding skyldes som sagt et formsand med dårlig ildfasthed. Derfor kan man for eksempel ikke støbe manganstål kvartssand. Støbning af svært jernstøbegods kræver eventuelt zirkon- eller kromitsand, der har en høj ildfasthed. Fejlen kan også skyldes et utilstrækkeligt sværtelag og ved for høj støbetemperatur i forhold til ildfastheden af sværtens fyldstof.

Ved en penetration trænger metallet ind mellem sandets porer og bliver til en mindre tykt lag af metal og



Fig. 16: Penetrationsfejl

sand. Bindningen til godset er så stærkt at disse fejl kun kan fjernes ved mejsling eller slibning med risiko for at beskadige godsets overflade. Fig. 16 viser en kraftig penetrationsfejl.

Ved penetration spiller flere faktorer en rolle. Metallens ferrostatiske tryk øges med trykhøjden, og en højere form betyder et større ferrostatisk tryk på formvægge og kerner og dermed større risiko for penetration. I praksis har man ingen indflydelse på støbegodsets højde, men man kan da undgå at bruge for høje formkasser.

Ud over det ferrostatiske tryk udfører en væske i bevægelse også et dynamiske tryk når den rammer en form eller kernes overflader, og derfor skal støbehastigheden holdes så lavt som muligt.

For stærk opvarmning af form og kerner øger også risikoen for penetration. Hvis et indløb modtager en for andel af den totale jernmængde bliver området i nærheden af dette indløb stærkt opvarmet; anvendelse af flere indløb kan i så fald reducere fejlrisikoen. Vær derfor opmærksom på, at en ændring af indløbssystemet kan medføre penetration.

Form og kernesandets kornstørrelse har en afgørende betydning. Sand med en lille middeldkornstørrelse (fint sand) kan mere effektivt forhindre penetration end sand med en stor middeldkornstørrelse. Også sandets komprimering spiller en stor rolle.

Uensartet sand kan komprimeres tættere end et mere ensartet sand, som derfor vil være mere udsat for penetration.

Ved håndformning kan man ikke stole på, at sandet af sig selv flyder i alle hulrum og hjørner, men skal komprimeres ved stampning og vibration. Når det foregår manuelt er resultatet afhængig af operatørens oplæring og ihærdighed.

Sværter kan også bidrage med en yderligere beskyttelse mod påbrænding og penetration. Vær opmærksom på, at der findes sværter, der yder tilstrækkelig beskyttelse ved tyndvægget støbegods, men ikke er egnet til svært støbegods. Det er derfor god skik at rådføre sig med sin sværteleverandør om, hvilke sværter der bør anvendes til de forskellige opgaver.

Fejlen som vist i fig. 16 kan således skyldes de nævnte årsager. Bemærk, at fejlen optræder i et såkaldt "hot spot" område, det vil sige at område med stor og længerevarende varmepåvirkning. De andre dele af støbegodset, hvor varmepåvirkningen er mindre, viser derfor ikke disse penetrationsfejl.

Bladribber

Bladribber er filigranagtige metalfiner, der dannes når flydende metal trænger ind og størkner i revner i form el-

ler kerne. Det er især bladribber i udkerninger til indvendige kanaler, som skaber problemer. Sådanne fejl (fig. 17) er vanskelige eller helt umulige at udbedre ved rensning. Fejlen kan også være lettere tilgængelig, især på godsets ydre overflader. Drejer det sig om seriefremstillet støbegods kan støbegodsprisen af konkurrencehensyns være så lav, at selv få minutters ekstra rensning kan medføre tabsgivende produktionspris.



Fig. 17: Bladribber i udkerning

Bladribber skyldes, at form- eller kernesandet under varmpåvirkning udvider sig og revner. Bladribber optræder fortrinsvist i forbindelse med nyt kvartssand, der har en voldsom udvidelse ved ca. 573 °C.

Bladribber kan forhindres ved at sætte additiver til sandet. Disse additiver forgasses under støbning og danner dermed hulrum, der giver sandkornene mulighed for at bevæge sig indbyrdes, så form og kerne ikke revner. En lavere støbetemperatur kan naturligvis også være en afhjælpende faktor. Desuden kan man anvende sværter, som er plastiske og derfor ikke så nemt revner under kvartsudvidelsen.

I stedet for rent kvartssand kan man anvende regenereret sand, hvor binderesterne virker på samme måde som om-tale sandadditiver. Regenereret sand øger dog risikoen for gas- og overfladefejl og gør formen mindre stabil. Derfor bør der altid tilsættes noget nysand til regenereret sand. Zirkonsand og kromitsand udvider sig betydeligt mindre under varmpåvirkning, og anvendes ofte til hårdt belastede kerner. På grund af disse sandtypers høje pris kan disse sandtyper dog generelt ikke anvendes som erstatning for kvartssand.

Fejl pga. sjusk

At fejle er desværre menneskeligt, men hvis fejlen kunne være undgået er der tale om sjusk. Fig. 18 viser en fejl, der skyldes et stykke tætningsnor, der er lagt for tæt på godset. Sådanne fejl kan selvfølgelig også skyldes mangelfuld

oplæring af nye medarbejdere. Man giver ofte disse fejl et andet navn, for eksempel tilfældige fejl, men det afgørende er, at disse typer fejl igangsætter en dialog med pågældende medarbejder samt faglig støtte fra kolleger, så også disse fejl kan forhindres i at opstå igen.



Fig. 18: Sjusk

Afsluttende bemærkninger

Der findes mange støbefejl og endnu flere procesvariabler, der alene eller i kombination kan give anledning til en bestemt støbefejl. Derfor kan det være svært for den uerfarne støberitekniker at kende alle fejltyper og vide, hvor fejlårsagen ligger.

Erfaring er værdifuld, men det tager tid at opnå tilstrækkelig erfaring til en bestemt opgave. Man må derfor også lære at tilegne sig de erfaringer og den viden, som andre har. Denne viden kan læses i forskellige bøger og artikler, og forfatteren håber, at denne artikel kan bidrage til at udvide kendskabet til støbefejl. Andre kilder til viden om emnet er samtale med kolleger og leverandører, litteratur, besøg på messer og lignende. Jo mere erfaring man kan tilegne sig, jo interessantere og nemmere bliver dagens arbejde.

Det kan også anbefales at deltage i støberitekniske møder eller at bruge sit netværk; det kan være leverandører eller kolleger i andre støberier.

Man skal ikke skamme sig over at have støbefejl, man ikke kan løse, det sker hele tiden, også for de mest erfarne. Man skal derimod skamme sig over ikke at bruge alle tilrådigstående midler til at rette sine støbefejl. Det er overraskende, hvor meget der kan findes på nettet og hvor mange der er indstillet på at dele deres viden med andre. At dele sin viden med andre medfører ofte at man selv modtager ny viden.

Støbefejl rettes ofte ved bruge af sin sunde fornuft. At gøre noget fornuftigt er altid billigere end at kassere støbegods.