

Sværter til forme og kerner

Af diplomingeniør Thomas Linke, Foseco International

Bearbejdet for Støberiet af Herbert Wolthoorn

Indledning

En sværte skal danne et beskyttende lag på en form- eller kerneoverflade og hermed forhindre metalindtrængning, påbrænding, bladribber, gasfejl eller kemisk reaktion med form- og kernematerialets overflade. Desuden skal en sværte dække sandoverfladernes porøsiteter og ujævnheder, således støbegodset får en pæn og glat overflade. Denne artikel omhandler sværter til kemisk bundet form- og kernesand, og redegør for, hvad disse sværter består af. Specialsværter, fx kokillesværter, behandles ikke her. Desuden omtales nogle støbefejl, der kan undgås når den rigtige sværte anvendes forskriftsmæssigt.

Formålet med påføring af en sværte afgør, hvilke basismaterialer den skal fremstilles af. En sværte med det primære formål at give en meget glat overflade (fig. 1) har selvfølgelig andre egenskaber end en sværte, der primært skal kunne modstå en langvarig og stor varmepåvirkning (fig. 2). Sværtens forskellige bestanddele skal også sørge for, at sværtelaget får en vis tykkelse for at kunne give en tilstrækkelig beskyttelse



Fig. 1: Kunststøbning

og en vis indtrængning i den underliggende sandoverflade for at sikre en god vedhæftning, også på rundinger og kanter (fig. 3).

Som basismateriale til sværter anvendes forskellige ildfaste produkter – fyldstoffer - der bindes til formens eller kernens sandoverflade med et bindemiddel. En bærevæske søger for, at fyldstoffet fordeles jævnt over sandoverfladen, mens suspensionsmidler forhindrer, at sværten bundfælder. Herudover tilsættes befugtningsmidler, biocider og reologiske additiver for yderligere at give sværten andre ønskede egenskaber.

Sværtens fyldstoffer

Sværtens fyldstoffer består af forskellige ildfaste mineraler, der, afhængig af oprindelsesstedet og forbehandling, har varierende kemiske og fysiske egenskaber. Fyldstofferne bestemmer i stor grad sværtens anvendelsesmuligheder. For eksempel kan et fyldstof med et smeltepunkt på ca. 1400 oC ikke anvendes til en sværte til stålstøbegods. Dog gør et højt smeltepunkt alene ikke nødvendigvis et fyldstof egnet til stål. Hvis fyldstoffet villigt reagerer med SiO₂ eller metallets oxider kan dets blødgøringspunkt reduceres og dets anvendelsesområdet dermed begrænses. Fyldstoffet skal altså kunne beskytte sandoverfladen mod både varme og kemisk påvirkning. Nogle af de mest anvendte fyldstoffer til sværter er vist i tabel 1.

Udover smelte- og sintrings- punkt samt reaktivitet overfor metallet og dens slagger er vigtige egenskaber for et fyldstof varmelledningsevne, varmekapacitet, kornstørrelse og kornform.

For at sværten skal kunne trænge ind mellem overfladens

sandkorn og danne en solid vedhæftning skal fyldstoffet have en kornstørrelse, der er mindre end sandets kornstørrelse.

Fyldstoffer er naturlige eller teknisk fremstillede mineraler, der anvendes i mange forskellige industrisegmenter. Støberiindustrien har et minimalt forbrug inden for dette industrisegment og kan derfor ikke påvirke prisvariationer, der opstår på grund af økonomiske, politiske eller ressourcemæssige forhold. Derfor kan det somme tider være nødvendigt at afprøve og anvende andre og måske mindre egnede fyldstoffer som erstatning for de sædvanlige fyldstoffer.

Zirkonsilikat har meget gode sintringsegenskaber og ringe reaktivitet over for slagger. Det anvendes til både stål og jernstøbegods. Strukturen er rundkantet (fig. 4), der giver en vis luftighed og fremmer tørringsprocessen. På grund af prisen bliver zirkon ofte erstattet med andre mineraler, især forskellige typer aluminium-



Fig. 2: Emne 600 tons

Type	Vægtfylde g/cm ³	Smeltepunkt °C	Udseende- struktur	Sammen- sætning
Zirkonsilikat	4,6	2200	farveløst - kantet	ZrSiO ₄
Korund	3,9	2050	lyst - kantet	Al ₂ O ₃
Magnesit	3,6	2800	lyst - kantet	MgO
Mullite	3,16	1700	farveløst, gult, rødt - kantet	3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂
Olivine	3,2	1750	grønt - kantet	2MgFeSiO ₄
Kvarts	2,6	1700	lyst - kantet	SiO ₂
Kromit	4,0	>1600	sort - kantet	FeOCr ₂ O ₃
Koks	1,8		mørkt - kantet	C (90%)
Grafit	2,1-2,3		sort - pladeformet	C (70-95%)
Pyrophyllit	2,8	1600	gråt, grønt, gult - pladeformet	Al ₂ [(OH) ₂ /Si ₄ O ₁₀]
Talk	2,8	>1000, maks. 1430	lyst - pulveragtig	MgSiO ₂
Glimmer	2,85	>900	gråt - pladeformet	KAlSi ₃ O ₁₀

Tabel 1: Egenskaber af forskellige fyldstoffer til sværter

silikater. Til stålstøbegods findes dog endnu ingen generelle erstatningsmineraller.

Korund har i de seneste år mere

og mere været anvendt som erstatning for zirkonsilikat til stålstøbegods. Til småt og mellemstort stålstøbegods (op til ca. 2 ton) har

korund kunnet anvendes, men til tunger gods er risikoen for reaktion med stålets slagger stor og på udsatte steder kan sandet smelte.

Magnesit anvendes i sintret eller calcineret form. Magnesit har et meget højt smeltepunkt, men en ulempe er, at den kun kan anvendes til vandfrie spritbaserede sværter. Hvis der findes vand i systemet dannes hydroxid, og hydrolysen gør sværten fast og uanvendelig. Magnesit anvendes især til manganstål.

Grafit og koks har også gode sintringsegenskaber og befugtes ikke af det flydende metal. Derfor giver grafit og koks god adskillelse mellem sandoverfladen og metallet. Grafit danner en reducerende atmosfære, som modvirker dannelsen af en silikatfilm (hvid belægning) på godsoverfladen. Rene grafitsværter anvendes hovedsagelig i forbindelse med støbning i vandglas- og cementsandforme.

Aluminiumsilikat omfatter et stort antal mineraler, hvoraf de vigtigste til sværter er mullit og pyrophyllit. Disse har gode isoleringsegenskaber og god formbarhed. Aluminiumsilikater har en plade- eller stavagtig struktur (fig. 5) og sværtelaget lægger sig som fiskeskæl på sandoverfladen. Dette giver mulighed for ekspansion uden revnedannelse, og sværtelaget bliver også mere tæt. Mullit har et højt smeltepunkt og kan anvendes til småt og mellemstort stålstøbegods. Pyrophyllit kan være forurenet med kvarts og glimmer (forslagingsreaktioner)

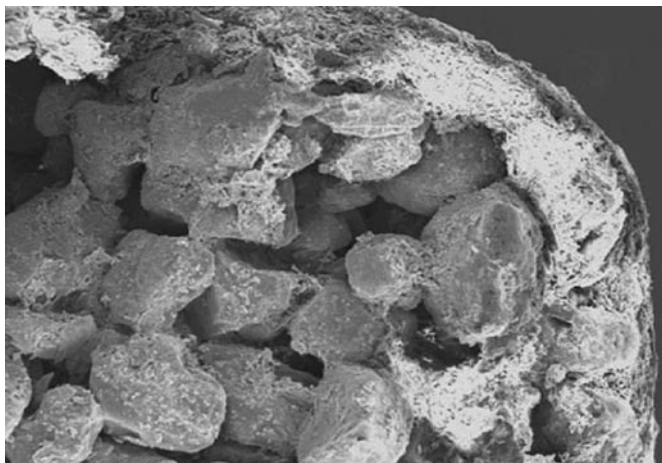


Fig. 3: Et perfekt sværtelag

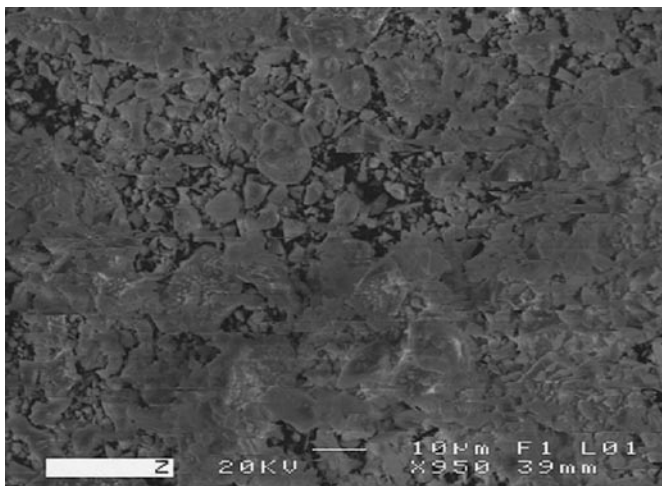


Fig. 4: Zirkon, rundagtig struktur

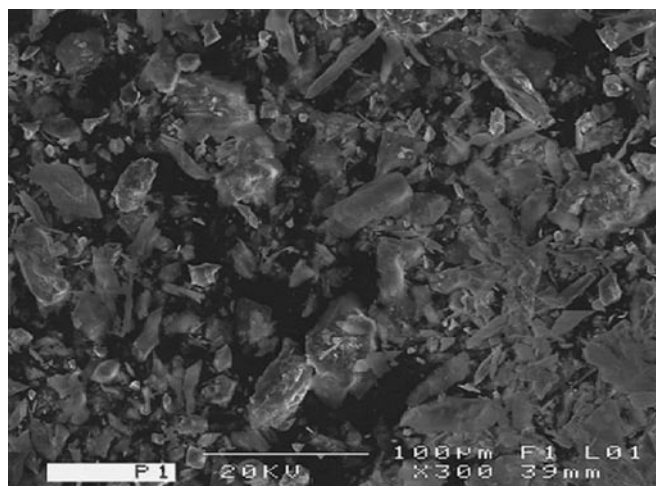


Fig. 5: Aluminiumsilikat, stavagtig struktur

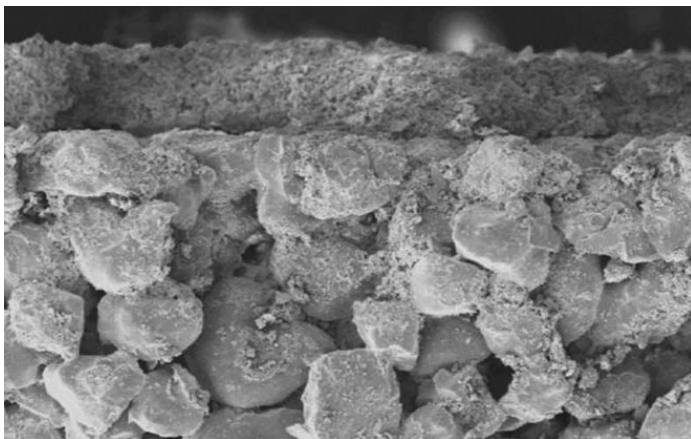


Fig. 6: God vedhæftning pga. god indtrængning



Fig. 7: Den første håndbog over støbefejl

og anvendes derfor ikke gerne til stål.

Magnesiumsilikat omfatter talk, olivin og glimmer. Olivin består hovedsagelig af forsterit. Forureninger med jernsilikat og kalciumsilikat er ikke ualmindelig, og derfor er anvendelsesområdet for olivin primært begrænset til jernstøbegods. Talk og glimmer kan næppe kaldes ildfaste materialer, men de bruges ofte i kombination med andre fyldstoffer. Talk yder på grund af sin stavagtige struktur god modstand mod dannelse af bladribber. Desværre er talk ofte stærkt forurennet og erstattes derfor ofte af pyrophyllite. Glimmer har gode isolerende egenskaber og bruges især til kobberlegeringer.

Bærervæsker

Bærervæsken gør det muligt at sværten kan påføres forme eller kerner i et jævnt lag. Som bærervæsker anvendes vand eller forskellige alkoholer, fx metanol, ethanol og isopropanol.

Ved afflamning giver metanol (træsprit) en voldsom forbrænding, der kan ødelægge formen eller kernen. Desuden er metanol ekstremt giftigt. Isopropanol (IPA) og ethanol (sprit) brænder jævnt og roligt uden overophedning af formen eller kernen. Vær opmærksom på at visse ethanolprodukter kan indeholde både vand og metanol.

ARTIKLEN FORTSÆTTES SIDE 9

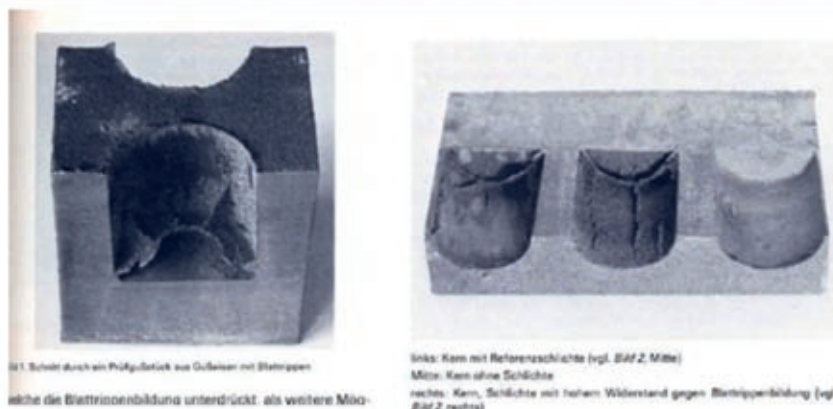
Historical Example

OD-047536	Uydarbitgözet, melleingörölj. 2. ártús., 1968 Investigation of two mould and core coatings, 1968 Opdrachtgever: Foseco International, Birmingham, UK	←
OD-047539	Onderzoek naar de oorzaak van scheuren in een aantal gietijzeren v-snaarschijven, 1968 Opdrachtgever: Lindeteves-Jacoberg NV., Amsterdam	
OD-047540	Onderzoek van een monster eenheidszand, 1968 Opdrachtgever: NV Doetinchemsche IJzergijeterij., Doetinchem	
OD-047541	Temperatuurmetingen, uitgevoerd in de ijzerstraal, in de gietpan en in een gietvorm tijdens en na het gieten, 1968 Opdrachtgever: Remeha Fabr. NV., Apeldoorn	
OD-047544	Entschwefeln von Roheisen, 1968 Opdrachtgever: Tor-Isleg Steel Corp., Luxemburg, Luxemburg	
OD-047545	Temperatuurmetingen van een smelt, 1968 Opdrachtgever: IJzergijeterij Erven W. ten Cate NV., Neede	
OD-047547	Vergelijkend onderzoek naar de invloed van tragantine RS II en Albanex op de eigenschappen van nat vormzand, 1968 Opdrachtgever: Diepenbrock en Reigers., Ulf	
OD-047551	Onderzoek van een rupsschakelaar, 1968 Opdrachtgever: P. Koning NV., Rotterdam	
OD-047553	Vergelijkend onderzoek van 7 monsters Teno Coating, 1968 Opdrachtgever: NV Schuiling., Hengelo	←
OD-047554	Mechanisch-, chemisch- en microscopisch onderzoek van twee gietijzeren	

Fig. 8: Undersøgelser af sværter



Historical Example



Source: Levelink, TNO Apeldoorn, 1979



Fig. 9: Forsøg med bladribber

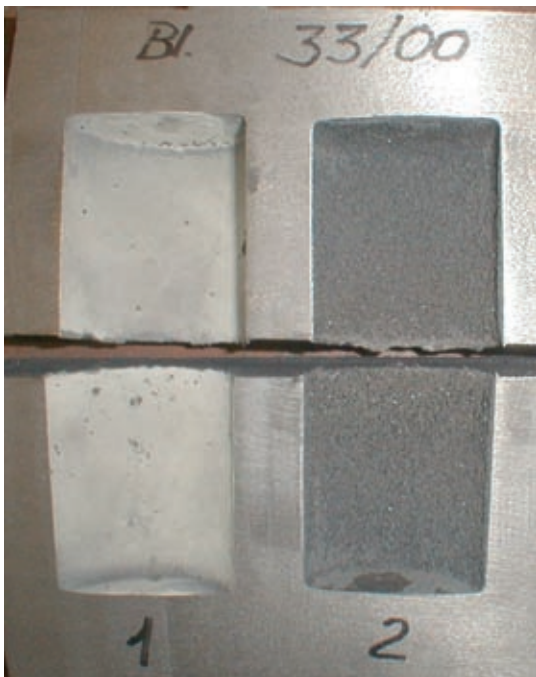


Fig. 10: Hvid belægning og ru overflade



Fig. 12: Plastisk sværte forhindrer bladribber.

Sværter til forme og kerner
- fortsat fra side 8

Vand har fordelen, at det er billigt og lugtfri, men tørring kræver normalt en form for tørreanlæg, mens spritbaserede sværter kan afbrændes eller tørre i luft.

Suspensionsmidler

Suspensionsmidler har en fortykkende eller stabiliserende virk-

ning på sværten, der forsinker eller forhindrer bundfældning af faststofbestanddelene. Desuden sørger suspensionsmidler for, at sværtens bærevæske ikke kan trænge ind i formoverfladen, og at vedhæftningen mellem sværten og sandoverfladen forbedres.

Suspensionsmidler svulmer op i sværtens bærevæske, og svinder ind igen under sværtelagets tørring. Hvis der anvendes et forkert eller for meget suspensionsmiddel, kan der under tørringsprocessen dannes revner i sværtelaget.

Bindemidler

Alle sværter indeholder et bindemiddel, der skal sørge for en tilstrækkelig binding mellem sværtens enkelte bestanddele i et tørt sværtelag. Desuden skal bindemidlet sørge for en god vedhæftning mellem sværten og sandoverfladen. Bindemidler skal være opløselige i bærevæsken og må ikke påvirke sværtesystemet negativt. Bentonit-, vandglas- og fosfatbaserede bindemidler, der kan anvendes til vandbaserede sværter,

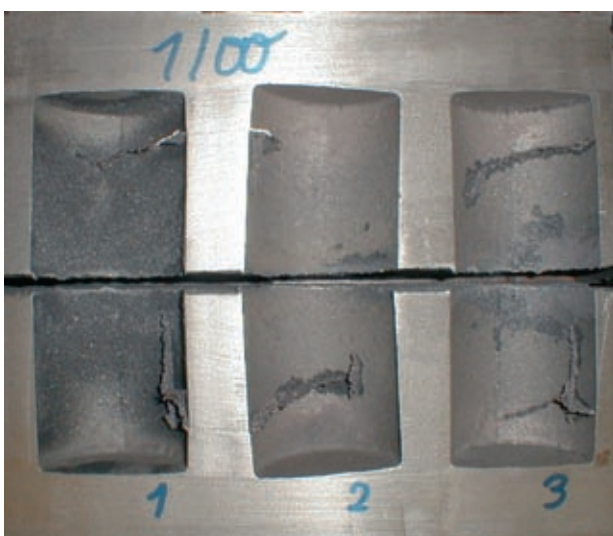


Fig. 11: Bladribber pga. kvartsudvidelsen



Fig. 13: Påbrændinger og penetration



Fig. 14: Erosion

har høj varmestyrke og er med til at modvirke erosion. . Spritbaserede sværter kan udelukkende anvende spritopløselige bindemidler, så vandglas og fosfat kan ikke anvendes. Bentonitbaserede spritsværter kan ikke opnå den optimale peptisering og sværtelaget bliver mindre stærkt. Derfor har spritsværter generelt lavere termiske egenskaber.

Afspændingsmidler

Afspændingsmidler sørger for en bedre kontakt mellem sværtelaget og sandoverfladen, og gør det nemmere for sværten at trænge ind mellem sandkornene (fig. 6).

Biocider

Biocider tilsættes til vandsværter for at forhindre at disse forgæres eller rådner på grund af bakterieangreb. Hvis en sværter først er udsat for bakterieangreb, kan skaden ikke altid udbedres ved tilsætning af yderligere biocider, da bakterierne i sværten ødelægger dens organiske bestanddele og især bindemidlet.

Reologiske additiver

Hvor god en sværte er, afhænger af mange faktorer, men den mest betydende er de additiver, der styrer

sværtens reologi karakteriseret af viskositet, gelstyrke og konsistens. De reologiske additiver sikrer, at fyldstoffet forbliver i opløsning, at sværtens flydeegenskaber er til den ønskede anvendelse, fx spuling eller dypning, at sværten opbygger en tilstrækkeligt vådlagstykkelse, og at sværten stopper med at flyde (matningstid) på det rigtige tidspunkt.

STØBEFEJL

Støbefejl har til alle tider været et problem. I 1952 udgav den franske støberiforening ATF en håndbog over støbefejl (fig. 7). Denne blev i 1955 oversat til tysk og udgivet af den tyske støberiforening (VDG). I 1965 fik disse to organisationer den opgave at forberede en ny udgave. I den ny udgave, blev støbefejl systematisk behandlet; fejlbeskrivelse, hvor optræder fejlen, mulige årsager, forklaring på feildannelsen og afhjælpning. Vi kender sikker den tyske udgave "Gussfehler-Atlas". For ca. 40 år siden blev de første videnskabelige undersøgelser af sværter publiceret (fig. 8+9). Der skulle derfor være rige muligheder for at kunne løse de forskellige sværterelaterede støbefejl. Imidlertid er støbegodset siden dengang blevet mere komplekst, lettere og med flere funktioner. Datidens svær-

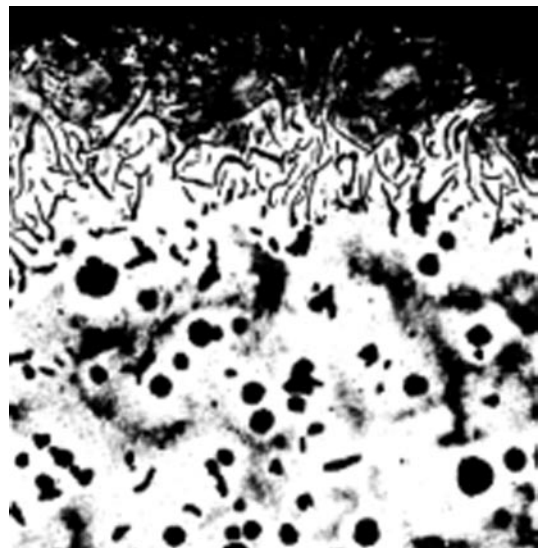


Fig. 15: Overfladegrafit i SG-jern

ter kan derfor næppe opfylde nutidens stadigt stigende krav til støbegods, og derfor er det nyttigt løbende at drøfte sværterelaterede støbefejl. Nogle af disse fejl omtales i det følgende.

Ru godsoverflade og hvid belægning

En ru godsoverflade skyldes et model- eller kerneudstyr med en ru overflade, eller forme og kerner, der er fremstillet af groft sand eller er dårligt komprimerede. Kan sværten ikke dække disse ujævnheder i sandoverfladen, bliver godsoverfladen ru (fig 10-2). En hvid belægning på godsoverfladen skyldes en silikatfilm (fig. 10-1). Denne fejl kan undgås ved anvendelse af sværte, der indeholder grafit.

Bladribber

Fig. 11 viser bladribber, som er en fejl, der dannes, når formen eller kernen revner på grund af udvidelsen af kvartssandet ved ca. 573 oC . Forme eller kerner, der er fremstillet af rent kvartssand er især følsomme for denne revnetendens. Bladribber kan forhindres ved at sætte additiver til sandet. Disse additiver virker hovedsageligt ved at give 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. Som omtalt før, kan fyldstoffer med pladeformet struktur lægger sig i et skælfornet mønster, der kan forskyde sig uden at sværtelaget revner. Fig. 12 viser, hvordan en sådan type sværte har elimineret bladribber.

Penetration og påbrændninger

Hvis metallet presses ind imellem sandoverfladens sandkorn opstår støbefejlen benævnt penetration. Er sandet for groft, dårligt komprimeret eller bliver det stærkt ophevet under støbningen er risikoen for penetration stor. Desuden har det ferrostatiske tryk også stor betydning.

Påbrændninger forekommer, når metallet både penetrerer ind i og reagerer kemisk med form- eller kerneoverfladen (fig. 13).

Fejlen optræder ved et utilstrækkeligt sværtelag og ved for høj støbetemperatur i forhold til ildfastheden af sværtens fyldstof. For at undgå påbrændninger skal sværten også have en god vedhæftning til formoverfladen. Dårlig vedhæftning optræder, hvis sværtelaget er for tykt eller hvis

fyldstoffet har for stor kornstørrelse, så sværten ikke kan trænge tilstrækkeligt ind i formoverfladen. Sværter, der revner på grund af for hurtig tørring eller for fint basismateriale kan også medføre påbrændninger.

For groft form- eller kernesand, for små formkasser, hot spots, utilstrækkeligt opstampede forme og kerner, høj støbehastighed og sværteafvisende slipmidler er alle medvirkende til en øget risiko for påbrændninger.

Erosion

Erosion er en bortskylning af sand på grund af ihældning af metal med for høj støbetemperatur over for lang tid i forhold til sandoverfladens styrke (fig. 14). Hvis det påførte sværtelag heller ikke har tilstrækkelig tykkelse eller styrke, kan der også opstå erosion på udsatte steder.

Overfladegrafit i SG-jern

Dannelsen af overfladegrafit skyldes en reaktion mellem formsandet og jernet. Hvis formsandet indeholder for meget svovl dannes magnesiumsulfider i grænsefladen formsand/jern. Det magnesium, som danner sulfider kan ikke længere være med til at danne grafitkugler, og der dannes flagegrakit i

stedet for (fig. 15).

Fejlen optræder kun i forbindelse med forme, der er afhærdet med svovlholdige syrer. Det er derfor vigtigt at holde svovlindholdet i retursandet på et tilstrækkelig lavt niveau, og at tilsætningen af svovlholdige syrer minimeres mest muligt. Anvendelse af sværter med en svovlstoppende virkning kan reducere fejlen betydeligt.

Afsluttende bemærkninger

Der findes sværter til mange forskellige anvendelser og formål. Spulesværter, dyppesværter, sprøjtesværter, penselsværter. Sværter til stål, jern eller letmetaller. Til meget store forme eller små, komplicerede kerner. Men for at kunne give det rigtige slutresultat skal den rigtige sværte anvendes korrekt. Desuden skal form- eller kerneoverfladen have korrekt styrke og ruhed. Ingen sværte kan forbedre en dårlig sandoverflade, men en god sværte kan sikre, at den perfekte sandoverflade giver støbegods med en perfekt gods-overflade.

Denne artikel er baseret på et foredrag holdt af Thomas Linke ved DSF's årsmøde 2013 i Næstved.