

Swerea Rent Stål

Work Shop

2011-05-04



MÖTESANTECKNINGAR

FÖRFATTARE: Lars-Olov Nordberg

DELTAGARE:

Swerea – Göran Fahlén

Swerea IVF - Mats Werke

Swerea KIMAB – Alexander Angré, Karin Frisk, Sven Haglund, Joakim Hagström

Swerea MEFOS – Johan Björkvall, Thorbjörn Hansén, Marianne Magnelöv, Lars- Olov Nordberg

Swerea SWECAST – Vasilios Fournalakidis, Per Guth, Lars Pettersson

SAMMANFATTNING

Swerea Rent Stål är ett koncernstrategiskt samverkansprojekt mellan Swerea IVF, Swerea KIMAB, Swerea MEFOS och Swerea SWECAST som löper under 2010 och 2011. Arbetet är uppdelat i fyra delprojekt med målsättningen att utveckla gemensam kompetens och utrustning för tillverkning av ett renare stål från råvaruframställning till färdig slutprodukt och därmed öka kundnyttan för medlemsföretagen.

Resultaten från det första årets arbete har diskuterats vid en gemensam intern work shop vid Swerea KIMAB den 4 maj 2011. Nya strategier och utrustning för raffinering av svavel och mangan i mindre induktionsugnar redovisades. Heltäckande kartläggning av slagginneslutningar vid stränggjutning och tunnplåtsframställning som komponentgjutning diskuterades. Ett helt nytt modellmaterial och strategier för simulering av bearbetningens inverkan på slagginneslutningar har provats industriellt. Processutveckling för framställning av verktygsstål tillverkat via pulverteknologi har gett ett kraftigt minskat syreinhåll och storlek på slagginneslutningarna.

En sammanfattning av de presenterade föredragen ges nedan.

För ökad spridning och användning av resultaten planeras en work shop med deltagare från industrin i oktober 2011.

1 RAFFINERING

Raffinering av stål för gjuterier - *Marianne Magnelöv, Swerea MEFOS*

Utveckling av metodik för svavelraffinering i induktionsugn med hjälp av mekanisk omrörning pågår tillsammans mellan Swerea SWECAST och Swerea MEFOS. Design och tillverkning av keramisk omrörare har genomförts. Praktiska försök planeras inom kort för att utvärdera inverkan av temperatur och omrörningshastighet på svavelrening av gjutjärn. Marknadsintresset för svavelrening finns främst inom stålgiuterier och vid gjutning av segjärn och kompaktgrafitjärn.

Manganraffinering av gjutjärn - *Lars Pettersson, Swerea SWECAST*

En av de vanligaste råvarorna som används av svenska järngjuterier är smidesskrot. Detta skrot kan innehålla manganhalter på mellan cirka 0,7-1,4 %. Vid framställning av ferritiskt segjärn, som för bland annat vindkraftsindustrin är ett viktigt material, måste manganhalten hållas under cirka 0,3 %. Detta medför att dessa gjuterier tvingas köpa dyrare lågmanganhaltigt stålskrot. I ett patent från början av 1990-talet beskrivs en metod, kallad Wilman-processen, att minska manganhalten för en smälta med ca 3,0 % kol och låg kiselhalt. Mangan avgår då genom oxidation till en slaggfas. Vid försök utförda av Swerea SWECAST har manganhalten minskats från 0,85 % till under 0,20 %. För att öka kinetiken krävs en kontinuerlig omrörning vilket idag erhålls genom induktionsuppvärmningens påverkan av stålbadet. Detta kan medföra svårigheter att hålla en konstant temperatur.

Möjligheter och begränsningar med termodynamik kopplad till CFD-beräkningar

- *Johan Björkvall, Swerea MEFOS*

Swerea MEFOS har utvecklat egna termodynamiska modeller för skänkmetsallurgisk svavelraffinering. De termodynamiska modellerna har genom intern kunskapsöverföring kopplats till CFD-modeller som beskriver gasomrörningens flödesmönster. Den förbättring som skett dels av kommersiella termodynamiska beräkningsverktyg liksom CFD-modeller och datorernas beräkningskapacitet har lett till att beräkningar nu kan utföras inom loppet av någon timme. En ny blandningsmodell har reducerat tiden för vakuumbehandling med 5 minuter. Modellen har även använts för att kunna prediktera inverkan av slitage på skänkgugsgeometrin och dess inverkan på stålflödet under gasomrörning.

Diskussion

Det finns en stor industrinytta i att utveckla omrörningsstrategier och raffineringsteknik för mindre induktionsugnar. En samverkan mellan svavel och manganraffinering ökar marknaden avsevärt. I ett framtida utvecklingsscenario kan även den pågående utvecklingen av hybridmodellering i form av termodynamik kopplad till CFD-beräkningar vara av intresse.

2 SPÅRBARHET

Spårbarhet av slagginneslutningar – *Thorbjörn Hansén, Swerea MEFOS*

Provtagning och spårbarhetsanalys av slagginneslutningar har genomförts vid stränggjutningsprocessen och efterföljande bearbetning vid SSAB-EMEA i Luleå respektive Borlänge. Dessutom har provtagning utförts vid tillverkning av segjärn hos Sandvik SRP i Svedala. Det är mycket betydelsefullt att provtagning kan ske reproducerbart, vilket i detta fall innebär att den vid Swerea MEFOS tidigare utvecklade LSHR-provtagaren har använts.

Denna provtagare förhindrar eventuell inträngning av toppslag. LSHR-provtagaren har även visat sig vara mycket bra för syreanalys genom att en större mängd smälta passerar genom provtagarens inlopp, från vilket syreanalysen utförs.

En viktig parameter för provtagning är förutom upplösningen av makro och mikroinneslutningar även svarstiden så att informationen kan användas för att styra processen. I nuläget är det två analysmetoder, dels totalsyreprovet (TOS) liksom OES-PDA som har svarstider under 15 minuter. Fördelen med EOS-PDA är att även kemisk information samt storleksfördelningar kan erhållas. Nackdelen är att inneslutningarna inte får vara större än ca 20 µm.

Karaktärisering av slagginneslutningar i mikrostrukturen - *Joakim Hagström, Swerea KIMAB*

Swerea KIMAB har byggt upp en stor kompetens och investerat i en mycket modern och avancerad mikroskoperingsutrustning för materialkaraktärisering.

I de nya elektronmikroskoperna kan såväl kristallstrukturen som elementanalyser göras ner på storleksordningen 10 nm. Bildanalys kan även göras som ett separat steg efter SEM.

Nya och snabbare karaktäriseringsmetoder är under utveckling dels kombinationen Laserablation och ljusmikroskopi (LIBS-LM) samt en optimering av SEM för att studera makroinneslutningar på större fokallängder vid lägre förstoring.

MnS precipitation in cast iron alloys - *Vasilios Fournalakidis, Swerea SWECAST*

Utfällningen av MnS-inneslutningar är ett sätt att skapa kärnbildare för grafit i exempelvis kompaktgrafitjärn. Det är således viktigt att dessa inneslutningar bildas vid en högre temperatur än när grafit bildar en stabil fas. Experimentella försök visar att MnS bildas redan vid 1450 °C och ger en optimal mindre storlek om kärnbildningen får ske vid 1370 °C. Mikrostrukturell karaktärisering visar dock att antalet MnS-partiklar vid överstiger antalet grafitpartiklar, vilket tyder på att MnS inte är en effektiv kärnbildare för grafit i den undersökta legeringen.

Diskussion

Provtagning och provtagare är en viktig startpunkt för att få reproducerbara kartläggningar.

Analysmetodikerna för mikrosinneslutningar har utvecklats avsevärt. För att karaktärisera makrosinneslutningar krävs andra angreppssätt, då dessa är få till antalet men kan representera merparten av volymen. Ett sätt är ultraljudsanalys på större och bearbetade prover, jfr LSHR provtagaren. Intressant vore att se vad de nya metoderna leder till som i nuläget utvecklas av Swerea KIMAB.

Marknadsintresset för provtagning och karaktärisering verkar allmänt. Det finns dock stor kompetens för karaktärisering internt vid många stålföretag.

3 BEARBETNINGENS EFFEKT PÅ INNESLUTNINGAR

Inverkan av bearbetning på slagginneslutningar – Thorbjörn Hansén, Swerea MEFOS

Bearbetningens inverkan på slagginneslutningarna och de resulterande mekaniska egenskaperna beror till stor del på inneslutningarnas kemiska sammansättning. Där lågsmältande runda inneslutningar (A-typ) lätt dras ut och breddas vid plattvalsning, spröda kluster (B-typ) sprids ut och därmed ger en minimal påverkan av de mekaniska egenskaperna, sammansatta A+B inneslutningar (C-typ) ofta deformeras som A-typ och därmed sträcks ut och minskar sin tvärsnittsarea tvärs valsektingen, hårda ej deformerbare inneslutningar (D-typ) medför att de fungerar som sprickgenererande defekter, där de även förhindrar en symmetrisk deformation vid bearbetningen och skapar porositeter i gränssytan mellan inneslutningen och stålmatrix.

Modellmaterial med exempelvis symmetriskt placerade hål har använts för att studera inverkan av smide och valsning på exempelvis porförlutning. I detta projekt har ett modellmaterial i form av en rundstång med ett symmetriskt schackmönster i längsriktningen framställts genom att konsolidera ett pulvermaterial av SS 316L tillsammans med en fyrkantstång av SS 304 med hjälp av het isostatisk pressning. Modellmaterialet har bearbetats med sänksmide till ett styrstag för en bil. Ytterligare ett modellmaterial med liknande symmetri men med större diameter har tagit fram för att studera inverkan på symmetrin från sänksmide till en vevaxel. Modellmaterial kommer även att tillverkas för att studera effekten av plattvalsning på dels hårda och dels vid valsningstemperaturen mjuka inneslutningar.

Tillämpning av simuleringsverktyg för att beskriva bearbetningsprocessen

– *Mats Werke, Swerea IVF*

Modellverktyg har utvärderats för att kunna simulera inverkan av bearbetningsprocessen på slagginneslutningarna. DEFORM är en modern finita element mjukvara som tillåter att man dels modellerar förändringar i makroskala för att sedan kunna zooma in och simulera med en finare beräkningscell där bearbetningens nodkrafter griper tag i inneslutningarna.

Genom ett industriellt samarbete med Bahrat Forge (BF) i Karlskoga så har sänksmide använts för att studera hur väl simuleringsverktyget kan beskriva deformationen av det symmetriska schackmönstret som beskrivits ovan. BF har i samarbete med Swerea Rent Stål gett oss möjligheten att använda deras modeller för att utvärdera hur materialet har flytit ut under den

mekaniska deformationen. En första okulär utvärdering tyder på god överensstämmelse trots att den använda modellen endast ska beskriva vilken fyllfaktor som erhålls vid sänksmidoperationen.

Under nästa försök där en vevaxel ska tillverkas ska man orientera ämnet så att de längsgående planen hamnar vinkelrät mot smidesriktningen. För att studera hur centrum av materialet flyter har man dessutom placerat in en tråd med 5mm diameter av kolstål i centrum av stängen.

Simulering av inverkan av slagginneslutningar på produkttegenskaperna

- *Sven Haglund, Swerea KIMAB*

Simulering av slagginneslutningarnas inverkan på utmattningshållfasthet och duktilitet hos hårda material (HRC > 60) har utförts genom att kombinera statistiska modeller av slagginneslutningarnas storleksfördelning med FE-modeller för att beskriva spänningsfördelningen i matrix. FATSIMR är ett verktyg som dessutom inkluderar effekten av ytegenskaper i form av anvisningar och ytfinhet. Genom att simulera effekten av inneslutningar eller karbider, eller klusterformationer i ytan eller i centrum för olika spänningstillstånd så kan man avgöra vilken typ av inneslutning som är begränsande för utmattningsegenskaperna.

Genom FE-simuleringar så kan man även prediktera slagsegheten för ett material där slagginneslutningarnas storlek och läge är känt.

Diskussion

Vid gjutning är defekter i form av porositet ganska vanliga och beror ofta på sugningar som bildas i slutfasen av stelning. Dessa defekter är ofta runda och relativt stora 0.1 – 1 mm. Porositet kan inverka kraftigt på hållfastheten då dess ofta kan betraktas som en spricka som kan växa till. Defekternas inverkan ökar med ökande hållfasthet i matrix, vilket medför att spänningskoncentrationen runt slagginneslutningarna ökar kraftigt.

4 MINIMERAD SYREHALT I PULVERMETALLURGISKA MATERIAL

Minimering av syrehalten i fulltäta pulvermaterial- *Karin Frisk, Swerea KIMAB*

Syrehalten i metalliska pulvermaterial ökar till största delen på grund av den med minskande partikelstorlek ökande partikelytan. Man kan dock gruppera in metallpulver i tre domäner låglegerade samt höglegerade stål i form av, lågkolhaltiga rostfria stål samt högkolhaltiga verktygsstål.

Det är generellt så att de två första har ett högre syrenehåll än verktygsstål.

Genom att optimera smältprocessen och vakuumbehandlingen har råmaterial tillverkats vid Swerea MEFOS för senare pulvertillverkning via gasatomisering vid Swerea KIMAB. Syreupptaget vid pulvertillverkningen har minimerats genom att syrenehållet i atomiseringskammaren kontrollerats och minimerats. Detta har lett till en 50 % sänkning av syrenehållet för verktygsstål ner till ca 80 ppm, vilket är i paritet med eller lägre än industriella

nivåer. För att kunna utvärdera syrehaltens inverkan på de mekaniska egenskaperna har pulvret behandlats i vätgasatmosfär före konsolidering och HIP. Denna behandling har minskat syreinhåll till ca 10ppm där de största slagginneslutningarna varit ca 6µm.

Nu återstår att verifiera att den simulerade förbättringen av de mekaniska egenskaperna på grund av minskningen av slagginneslutningarnas storlek.

Analys av reducerade gaser med PAS (Photo Acoustic Spectroscopy) - Alexander Angré, Swerea KIMAB

Mängden och typen av oxider på partikelytan kan analyseras på flera sätt. En makroanalys erhålls exempelvis med PAS. I detta instrument kan 10-20g provas genom att en gasström med känd sammansättning, vanligen H₂, N₂/H₂ eller Ar tillåts att passera genom ett pulverprov underuppvärmning. Reaktiva gasfaser reagerar med pulverprovet medan neutrala gaser som Ar kräver att sammansättningen på pulvret genererar en gasformig reaktionsprodukt, exv CO.

Den bildade gassammansättningen leds in i en provkammare där den exiteras av en laser.

Genom att filtrera den emitterade strålningen från den exiterade gasen kan fyra olika gaskomponenter mätas, nämligen CO, CO₂, CH₄, och H₂O. Dessa kan mätas var för sig eller "samtidigt". I det senare fallet tar en mätning ca 1minut, vartefter ett nytt gasprov kan analyseras. Det är således inte en helt kontinuerlig mätprocess. Genom att korrelera mängden bildade reaktionsprodukter mot temperaturen kan man även med kunskap om pulvermaterialet kemiska sammansättning fastlägga vilken typ av oxid som reducerats i detta temperaturintervall.

Diskussion

Swerea KIMAB har nått det industriella målet i projektet att reducera syreinhåll till 20-50% av den ursprungliga nivån samt att maximera slagginneslutningarnas storlek till 15µm.

Med hjälp av dessa material kan man utvärdera de predikterade förbättringarna av exv slagseghet.

5 HUR KAN VI FORTSÄTTA UTVECKLINGEN MOT GEMENSAMMA KUNDERBJUDANDEN?

En ökad kontakt med våra kundgrupper för att presentera resultaten av projektet samt Swereas möjligheter att samordna resurser för att bidra till problemlösning längs hela processkedjan från råmaterial till färdig produkt. Skapa ett forum för att hantera kundförfrågningar, ideér och uppslag inom projektet som kan utvecklas till nya uppdrag.

Detta kan ske genom våra egna tidningar, publikation av resultat i facktidskrifter, våra hemsidor en work shop tillsammans med industrin och sist men inte minst personliga kontakter och besök.

Swerea Rent Stål kommer att planera för en work shop tillsammans med industrin i september – oktober 2011. Inför denna work shop är det viktigt att ta fram resultat med industrinytta, bearbeta våra nuvarande kundkontakter inom projektet samt försöka nå ut till nya intressenter.

En första planering för en work shop Swerea Rent Stål med industrin sker genom ett telefonmöte den 23 maj.