

## Kami-priset 2013 till Patrik Ölund

Stål där oundviklig slagg är i form av små fragmenterade inneslutningar som ger hög isotrop utmattningshållfasthet i system för dieselin-sprutning



### Motivering

Kami-priset 2013 har tilldelats Patrik Ölund, FoU-direktör vid Ovako i Hofors.

Patrik Ölund är född 1965, uppvuxen i Örn-sköldsvik och blev bergsingenjör vid KTH 1990. Efter examen arbetade han som forskare vid Institutet för Metallforskning, IM, i Stockholm. Redan vid IM blev han specialiserad på samband mellan slagginneslutningar och utmattningshållfasthet i härdade stål.

Ovako var huvudintressent i denna forskning vid IM och rekryterade Patrik Ölund till Hofors 1995. Sedan dess har ett antal nya stål-kvaliteter utvecklats utifrån Patriks kunskaper och på senare tid under hans ledning. För närvarande är han ansvarig för all forskning och utveckling och koordinerar ett 40-tal FoU-ingenjörer inom Ovako-koncernens fem stålverk: Hofors, Hällefors, Boxholm, Smedjebacken och Imatra.

Krav från kunder har styrt utvecklingen. Särskilt höga krav har ställts av kvalificerade kunder som tillverkar system för dieselin-sprutning. Med högre tryck i insprutningssystemet kan dieselmotorer bli effektivare och miljövänligare. Högre tryck kräver stål med hög utmattningshållfasthet i alla riktningar, dvs. hög isotrop utmattningshållfasthet.

Utmattningsbrott initieras av icke-metalliska inneslutningar, i dagligt tal kallade slagginneslutningar. Sättet att tillfredsställa kundkraven är en låg halt av slagg där den slagg som inte kan undvikas är i form av små fragmenterade inneslutningar. När stål tagits fram som uppfyller de mest kvalificerade kundernas krav, så kan samma stål tillhandahållas inom ett brett marknadssegment.

### Slagginneslutningar

Slagg flyter upp ovanpå flytande stål och det är viktigt att inte få med den flytande slaggen när man gjuter stål. Men all slagg avskiljs inte utan en liten oundviklig mängd finns kvar i stålet när det stelnat. I mikroskop kan man se korn av denna kvarvarande slagg, kallade icke-metalliska inneslutningar eller slagginneslutningar.

Krister Källström

2012-12-17

När man varmvalsar stålet kan inneslutningarna deformeras eller bli kvar som korn. Vid stångvalsning i Hofors deformeras mjuka inneslutningar till cigarrform.

När stålet härdats och därefter belastas uppstår spänningskoncentrationer kring inneslutningarna. Vid upprepad belastning är det dessa spänningskoncentrationer som initierar utmattningsbrott. Inneslutningarna med störst projicerad yta tvärs belastningsriktningen skapar störst spänningskoncentration och kommer att bestämma stålets utmattningshållfasthet.

Självklart är stora cigarrformade inneslutningar inte bra för utmattningshållfastheten tvärs valsriktningen.

Utvecklingsarbetet under Patrik Ölunds ledning har gått ut på att reducera volymsandelen inneslutningar och få dem fragmenterade till små korn. Stålet smälts i ljusbågugn och tappas i skänk. I skänken reduceras svavel- och syrehalten genom tillsats av kalcium och aluminium. Målet är att nå en svavelhalt under 10 ppm.

Detta eliminerar risken för cigarrformade mangansulfider efter varmvalsning. Men istället bildas kalciumaluminat i form av stora korn som är så hårda att de inte deformeras vid varmvalsning. Lösningen på detta problem är att avsluta skänkbehandlingen med ytterligare en tillsats. Tillsatsen gör att kalciumaluminat blir sprött genom uppblandning med kalciumsulfid. Vid varmvalsning bryts nu kalciumaluminat upp i små korn.

Mängden, storleken och formen av inneslutningar undersöks med ultraljud och svepelektronmikroskop. Metoder och rutiner för detta har utvecklats under Patriks ledning, bl. a. ultraljud med frekvensen 80 MHz jämfört med standard 10 MHz. Med ultraljud kan man detektera partiklar ner till 25 mikrometer i storlek. Mindre partiklar detekteras med svepelektronmikroskop.

Ett problem i sammanhanget är att även ett fåtal stora inneslutningar är farliga. För att få fram ett statistiskt signifikant mått på mängden stora inneslutningar måste man undersöka så mycket som en kubikdecimeter stål. Detta är möjligt endast med ultraljud.

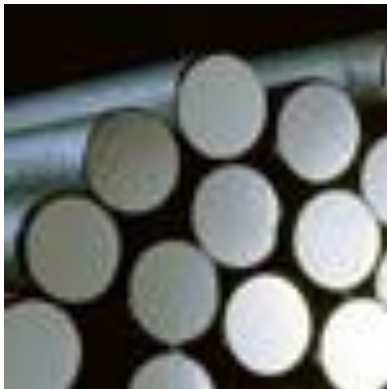
Även små inneslutningar kräver att man avsöker stora ytor och i Hofors har man skapat rutiner för detta.

Genom att bestämma mängden, storleken och formen kvantitativt har man konstaterat att inneslutningar i form av korn mindre än 5 mikrometer är ofarliga vad gäller utmattningsbrott. Däremot är stora inneslutningar, som kan vara upp till 100 mikrometer, extremt farliga.

De kvantitativa metoderna gör det möjligt att optimera den slagg som inte avskiljs under behandling av smältan i skänk. Man kan analysera effekten av olika åtgärder snabbare än genom att vänta på brustna utmattningsprover.

## Industriell framgång

Baserat på ingående förståelse för dessa samband har Ovako i Hofors utvecklat en serie IQ-stål, där IQ står för Isotropic Quality. Det första betecknat 803V lanserades 1998 och det andra betecknat 803Q 2004. Dessa har mottagits väl av marknaden tack vare goda utmattningssegenskaper även i tvärled. Under 1998-2005 levererades 40 tusen ton 803V och sedan 2004 har ännu mer 803Q levererats. Nya stålqualiteter med ytterligare höjd utmattningshållfasthet är under framtagning.



Utöver kunder som tillverkar system för dieselsprutning värdesätter tillverkare av hydraulik, kullager, kugghjul och bergborrar dessa stål. En specialitet är kullager uppe i havsbaserade vindkraftverk. Ett utmattningsbrott i ett sådant är oerhört kostsamt att reparera. En annan specialitet är komponenter till bergborrar som går 1000 meter rakt ner och sedan styrs om i horisontell riktning. Marknaden för sådana bergborrsystem är under stark tillväxt för utvinning av skifferolja genom s. k. fracking.

Konkurrenter till Ovako kan uppnå lika hög isotrop utmattningshållfasthet endast genom att smälta om stålet en extra gång. Ovako har därvid en fördel eftersom sådan omsmältning innebär längre leveranstid och högre produktionskostnad.

Stärkta av denna situation kan marknadsförarna på Ovako och Patrik Ölund resa världen runt och övertyga sina stora kunder om IQ-stålens prisvärdhet och säkerhet mot utmattningsbrott i extremt påkända komponenter.