

JERNKONTORETS FORSKNING

Strategiskt stålforskningsprogram för Sverige 2007–2012



Inledning

Stålet är en av Sveriges viktigaste exportvaror. Svensk stålindustri är världsledande. Stål och metaller ingår i 60 % av svenskt exportvärde (metaller och verkstadsvaror). Av svensk stålproduktion levereras omkring 85 % till exportmarknaden.

Det svenska stålets världsframgångar bygger på starka forsknings- och utvecklingsinsatser. Stålet har därför blivit en av den svenska moderna kunskapsekonomins allra främsta kännetecken.

Även om stålindustrin står för merparten av stålforskningen i Sverige, är statens insatser avgörande för såväl stålforskningsinstituterna som för högskolorna. I stålforskningsprogrammet utgår från att staten och industrin i samverkan långsiktigt tar ansvar för att förutsättningarna för Sveriges ledande stålposition på världsmarknaden kan bibehållas och utvecklas.

Sverige är unikt i världen med sin höga andel legerat stål. Hela 59 % av produktionen består av legerat stål, vilket skall jämföras med Japan 22 %, EU25 19 % samt och USA som producerar 10 % legerat stål.

Som exempel på produktgrupper där Sverige har en världsledande position kan nämnas:

- Rostfria sömlösa rör (Sandvik Materials Technology)
- Tråd och band för värmegenerering (Kanthal)
- Rostfria band och plåt (Outokumpu Stainless)
- Verktygsstål (Uddeholm)
- Snabbstål (Erasteel Kloster)
- Höghållfasta handelsstål (SSAB)
- Järnpulver (Höganäs)
- Kullagerstål (Ovako)

Byggt på det högklassiga stålet har svensk stålindustri utvecklat många framstående tekniska lösningar. Detta kan illustreras med duplexa rostfria stål, ögontråd, rent stål för dieselpumpar och katalysatorband.

Det är alltså inte bara avancerade stålsorter som svensk industri tagit fram, utan också avancerade tekniska lösningar och produkter som utvecklas och säljs. Därigenom ökar värdet på stålet ytterligare.

Allmänt gäller för svensk stålindustri att den framgångsrika utvecklingen beror på en målmedveten satsning på forskning, utveckling och avancerad teknologi. En annan avgörande faktor är det nära samarbetet mellan leverantörer och kund, som kännetecknar svensk stålindustri.

Sedan 1985 har stoftutsläppen i stålindustrin reducerats med ca 80 %. Stålindustrin har således blivit en väsentligt renare industri under de senaste 30 åren. Allt talar för att denna miljöförbättring kommer att fortsätta även i framtiden.

Koldioxidutsläppen för svenska stålprodukter är väsentligt mindre än utsläppen i andra länder vid tillverkning av samma produkter. Skälen till att svensk tillverkning är renare än andra länders är:

- Högre energieffektivitet
- Användning av magnetitmalms (LKAB)
- Bättre stålqualität (bättre prestanda per viktenhet)

Industriforskningsinstituten och högskolorna viktiga för stålbranschen

Sedan lång tid har svensk stålindustri haft god hjälp i sin forskning och utveckling av de två internationellt väl ansedda industriforskningsinstituten, MEFOS och KIMAB, som är en sammanlagning av Institutet för Metallforskning och Korrosionsinstitutet.

Viktig utbildning för stålbranschen bedrivs vid KTH, Högskolan Dalarna och LTU. Kompetensförsörjningen spelar en stor roll i att upprätthålla den höga tekniska nivån och konkurrenskraften i svensk stålindustri.

De ovanstående instituten och högskolorna är därför viktiga för att genomföra stålforskningsprogrammet.

Forskningsområden

I det följande redovisas fyra forskningsområden, som kommer att inrymma de forskningsprojekt som kommer att beslutas av programstyrelsen.

Forskningsområdena är:

- Utveckling för hållbar tillväxt
- Morgondagens material och tillverkningsmetoder
- Avancerad modellering
- Förbättrad processteknik

De konkreta projekten kommer att genomföras i nära samarbete mellan institut, högskolor och svensk stålindustri. De flesta projekt kommer att ha projektdeltagare (parter) från såväl institut som högskolor och svensk stålindustri. Cirka 2/3 av forskningen kommer att utföras via institut och cirka 1/3 via högskolor.

Dessutom kommer omfattande insatser att göras av svensk stålindustri för att implementera forskningsresultaten.

De konkreta projekten som utarbetas utifrån de angivna fyra forskningsområdena kommer att förankras hos de deltagande företagen. Inga projekt kommer att startas som inte har förankring och medfinansiering från företagen. Projekten och insatserna kommer att fördelas på olika sätt inom dem nämnda områdena. Forskningsområdena kommer därför att ha varierande storlek.

1. Utveckling för hållbar tillväxt

Processteknik för miljömässigt hållbar utveckling

Klimatfrågan, dvs minskat utsläpp av växthusgaser som koldioxid, samt minskning av stålindustrins deponier är två av stålindustrin prioriterade forskningsområden.

Cirka tio procent av fossilt genererad koldioxid kommer från stålindustrin i Sverige. Genom potentiella förändringar i utrustning och drift av befintliga processer, samt införande av alternativa teknologier för reduktion, skrotsmältning, gjutningsförfaranden, värmning och bearbetning kan utsläppen reduceras väsentligt. Ett annat område gäller rening och konvertering (t ex förvätskning) av processgaser samt att ersätta fossil energi med energirika avfallsprodukter.

För närvarande återförs eller används en stor del av stålindustrins restprodukter, dock har produkterna lågt värde och en ansenlig del deponeras. Stoffer och slaggar med tungmetallinnehåll, oljehaltiga glödskal, smörjoljor, emulsioner och betningsrester är restprodukter som söker bra lösningar. Höga krav på emissioner kommer att kräva utveckling av ny gasreningsteknologi eller alternativ processföring.

Material för hållbar tillväxt

Kravet på en hållbar tillväxt innebär att all industriverksamhet ska bedrivas med minimal miljöpåverkan i ett livscykelanalysperspektiv. Detta innebär att alla typer av utsläpp måste elimineras eller reduceras till mycket låga och ofarliga nivåer. Dessutom måste energiförbrukning minimeras och verkningsgraden vid energiproduktion ökas. I samtliga fall är materialprestanda gränssättande.

Material för energiproduktion och avfallsförbränning

Utöver krav på minskad energikonsumtion i det svenska samhället kommer krav på högre verkningsgrad vid såväl kraftproduktion som energiutvinning vid avfallsförbränning. Materialet utsätts för ett stort antal krävande miljöer och påkänningar och omfattar såväl nickelbaslegeringar som högpresterande rostfrisorter ned till enklare kolstål. Begränsande egenskaper kan vara motstånd mot högttemperaturkorrosion eller uppkolning som kan ge metal dusting skador. Lösning av detta problem skulle innebära en förenklad tillverkning av vätgas ur naturgas för användning i exempelvis bränsleceller eller effektivare förgasning av biomaterial eller kolförgasning där kol omvandlas till koloxid och vätgas genom reaktion med vattenånga. Svenska material ligger väl till men för att svensk stålindustri ska förbli ledande måste ytterligare forskningsinsatser genomföras.

Forskning som leder till höjda materialprestanda inom området kan leda till mycket snabb återbetalning i form av lägre behov av bränsle och är en förutsättning för att i framtiden kunna lita till enbart förnybara energikällor.

Material för slutna processer i industrin

Ett långsiktigt mål inom all industriell verksamhet måste vara att eliminera miljöpåverkan genom utsläpp till den yttre miljön. I Sverige ligger man långt framme delvis tack vare en materialutveckling som skett i samverkan med processindustrin, exempelvis papper och massaindu-

strin. Fortsatta forskningsinsatser krävs för att följa med i utvecklingen av nya processer med anpassade material.

Material för resurssnåla transporter och fordon

Många undersökningar har visat att den viktigaste egenskapen hos material för att uppnå energisnål transport är låg vikt i förhållande till hållfasthet. Höghållfasta stål intar således en primär ställning i energibesparingssammanhang vilket tydligt visats inom ett internationellt projekt, ULSAB. Dessa stål är dessutom helt återvinningsbara. Sverige har gjort stora framsteg i utvecklingen av kaross-material (kolstål och rostfritt) som kombinerar funktionskrav med minskad vikt. Det kommer dock hela tiden krav på ytterligare förbättringar i dessa material i termer av högre hållfasthet, såväl statisk som dynamisk, i kombination med god formbarhet. Nya ståltypen såsom TRIP, multiphase, duplexa rostfria, m m, erbjuder i princip klara förbättringar över dagens stål men mycket FoU återstår för att förverkliga dessa. Styrning av ultrafina mikrostrukturer med optimerade textur och ytegenskaper genom industriellt gångbara processer utgör en stor utmaning för forskningen.

Stål är framtidens material i ett resurseffektivt samhälle. Med förhöjd prestanda minskar miljöbelastningen och resursutnyttjandet förbättras. Därför är branschen fokuserad på bl a följande:

- Högpresterande stål som ger mindre materialåtgång, höghållfasta stål med lägre vikt i konstruktionerna.
- Högpresterande stål som förlänger livslängden hos slutprodukten, vilket minskar materialförbrukningen och minskar korrosionsangrepp.
- Högpresterande stål som gör det möjligt att konstruera maskiner och processer med högre energieffektivitet.

Återvinning

Stål kan återvinnas upprepade gånger i hög utsträckning. Dock kommer mer slutna kretslopp och ökad återvinningsgrad att medföra att oönskade metaller kommer att ackumuleras i stålprodukterna. Tillverkning av höghållfasta stål i Sverige baseras idag till stor del på jungfruliga råvaror och returstål med låga föroreningsgrader, vilket minimerar intaget av metaller som ackumuleras i stålets kretslopp, såsom exempelvis koppar, krom och molybden.

Framtida krav på högre återföringsgrad av returstål från konsumentled tillsammans med ökande krav på låga föroreningshalter i höghållfasta stål kommer att leda till ökande svårigheter med föroreningsackumulering i ståltillverkningsprocesserna. Dessa problem kommer även att uppstå vid en ökad återföring av restprodukter till stålprocessen, särskilt vid intern återcirkulering.

Utvecklingen går idag mot allt strängare regler kring deponering av material, såsom skatter och deponiavgifter, restriktivare tillståndsgivning vid öppning av nya deponier samt bevakning av långtidsutlakning. Jernkontoret har i sina sammanställningar från 1993 och framåt visat att användningsgraden av restprodukter inom stålindustrin har ökat stadigt, samtidigt som mängderna av deponerat material också har ökat.

Exempel på sådana material är ljusbågsugns slag, skänkslag, eldfast tegel, oljehaltiga glöskalsslam, metallhydroxidslam och vått hyttslam. För dessa material finns idag inga enkla lösningar, varför nya återvinningsstrategier för dessa material måste utvecklas, med speciellt fokus på ackumulering av föroreningsämnen. För en hållbar tillväxt krävs ökade insatser för att effektivt återvinna material som deponeras idag, men även om möjligt redan deponerat material.

2. Morgondagens material och tillverkningsmetoder

Optimering av struktur och egenskaper hos avancerade stålprodukter

Privatbilismen växer globalt och erbjuder människor nya möjligheter. Detta medför även välkända och allvarliga problem: antalet personskador ökar och medför ökade kostnader såväl ekonomiskt som i mänskligt lidande. Den totala bränslekonsumtionen ökar och medför ökad miljöpåverkan och är tärande på våra ändliga tillgångar av fossila bränslen. Genom att förbättra fordonets kaross kan man minska båda dessa nackdelar: En starkare kaross innebär både säkrare och lättare fordon och minskad bränsleförbrukning. En kaross tillverkad av plast eller kompositmaterial innebär visserligen att fordonets vikt kan minskas men medför samtidigt ökade risker för personskador. Den lösning som nu verkar mest lovande bygger på en ny typ av låglegerade, lågkolhaltiga stål som har mycket goda mekaniska egenskaper och lämpar sig väl för framställning av tunnplåt till bilindustrin. Nyckeln till de goda mekaniska egenskaperna är den fina mikrostrukturen bestående av s k bainitisk ferrit, dvs tunna ferritskivor med mycket finfördelad restaustenit eller martensit däremellan. Genom att tillsätta aluminium eller kisel så kan man undertrycka bildningen av cementit. Vid mekanisk påverkan kan eventuell restaustenit i vissa fall dessutom omvandlas till martensit, s k TRIP-effekt, vilket ytterligare kan förbättra de mekaniska egenskaperna.

Duplexa rostfria stål består av ungefär lika volymandelar ferrit som austenit. De har en gynnsam kombination av hållfasthet och korrosionsbeständighet. En begränsning av de duplexa ”slabens” användning är dock att de försprödas om de används under lång tid vid förhöjd temperatur.

De austenitiska rostfria stålen utgör en stor del av svensk stålproduktion. Många stål används vid hög temperatur (upp till 1 000 °C) under lång tid (flera 100 000 h) och i korrosiva miljöer och under användning ändras mikrostrukturen hos stålen och därmed deras mekaniska egenskaper.

Nya metoder för formning av höghållfasta stål

Höghållfasta stål har normalt en lägre formbarhet än mjuka stål. Detta innebär att nya formningsprocesser måste utvecklas för att nå avsedd slutform på plåtdetaljer i höghållfasta stål. Parallellt med denna utveckling måste metoder tas fram att bättre förutsäga formbarhet under komplexa formningsoperationer. Detta är nödvändigt eftersom formningssimulering börjar bli ett standardverktyg vid planering och beredning av formningsoperationer i verkstadsindustrin. Träffsäkerheten i simulering måste förbättras eftersom de höghållfasta stålen har mindre marginaler vid formning.

Behov finns att bygga upp och vidareutveckla kunskap om formningsteknik som är anpassad för höghållfasta stål exempelvis bockning/hydroformning, rullformning/bockning, elektromagnetisk formning och varmformning eller formning efter lokal värmebehandling. Vidare syftar forskningen till att ta fram modeller och indata för simulering av formningsoperationer för höghållfasta stål. Modellerna ska beskriva materialets flytbeteende under komplexa formningsvägar och formbarhetsgränsen under sådan komplex formning.

Nya metoder

Rullformning/bockning utnyttjar rullformningens goda förmåga att ge djupa former som är svåra att nå med normal formning. Tredimensionella geometrier kan erhållas genom efterföljande formning eller med hjälp av s.k. 3D rullformning..

Varmformning sker med olika verktygsdelar och/eller plåtämne under förhöjd temperatur. Metodiken kan utnyttjas för att styra formbarhet för höghållfasta stål. Formning efter lokal värmning för att ge ett mjukare material lokalt just där den svåraste formningen sker. Värdefullt speciellt för höghållfasta stål.

Formningssimulering

Den låga formbarheten hos de höghållfasta stålen ställer nya krav på precision i prediktering av formningsresultatet i simuleringar. Kraven blir speciellt höga genom att nya komplexa formningssekvenser utnyttjas där materialens flytegenskaper och formbarhetsgränser uppför sig avsevärt mer komplext än under konventionell formning. Nya materialmodeller och bättre indata behövs här. Om formningen utförs vid förhöjd temperatur, förhöjd deformationshastighet eller på ett värmebehandlat materialtillstånd behövs nya materialdata för att kunna genomföra simuleringen.

Nya fogningsmetoder för morgondagens metalliska material

Ett antal krafter driver idag utvecklingen av fogningstekniken mot förbättrade befintliga metoder och till ersättning av etablerade metoder med helt nya. Morgondagens metalliska produkter kommer att vara så optimerade att olika delkomponenter består av olika metalliska material. Övergången till material med högre hållfasthet, tunnare dimensioner och blandning av materialtyper i nya konstruktioner gör att flera etablerade fogningstekniker inte längre är tillämpbara eller uppvisar väsentliga nackdelar. Ökade krav på produktivitet och ökande konkurrens från lågkostnadsländer gör att nya, eller modifierade, fogningsmetoder måste fram för att motivera produktion i väst-världen. Kraven ökar på prestanda hos produkterna exempelvis med avseende på styvhet, livslängd eller krockhållfasthet. Fogarna har en central betydelse för dessa egenskaper hos produkten. Moderna höghållfasta konstruktionsstål ställer allt högre krav på svetsmetoder och tillsatsmaterial som ger sega och starka fogar. Detta kräver att mikrostrukturer i såväl svetsgods som HAZ blir optimerade. Resultatet av denna kravbild är att en konstruktion kommer att byggas med ett stort antal skräddarsydda fogningstekniker istället för en enda teknik som i traditionella konstruktioner.

Målet med forskningsinsatserna är att utveckla fogningstekniker som kan ersätta konventionell punktsvetsning i tunnplåtstrukturer. Detta innefattar stansnitning, stuknitning, presssvetsning, sömsvetsning, lasersvetsning, lödning och limning. Speciellt intressanta är metoder som kombinerar flera av dessa metoder.

Forskningen syftar också till att utveckla fogningstekniker med förhöjd produktivitet speciellt för fogning av strukturer i grova godsdimensioner. Detta innefattar svetsmetoder med flera elektroder och hybridmetoder där exempelvis laser kombineras med andra metoder. Användande av aktiva fluxer förväntas även kunna ge stora möjligheter.

Insatser görs också för att optimera sammansättnings- och processparametrar samt att utveckla strukturer som ger bästa kombinationer av seghet och hållfasthet i samband med svetsning av hög- och ultrahöghållfasta konstruktionsstål.

3. Avancerad modellering

Avancerade datormodellerings- och simuleringsverktyg för processoptimering och styrning

Framtida möjligheter till minskade variationer i stålindustrins framställningsprocesser kommer att bygga på förbättrade verktyg för prediktering. Detta medför ett behov av avancerad modellering, av typ FEM (Finite Element Modelling) och CFD (Computational Fluid Dynamics). Dessa modeller ger också ökad förståelse och möjlighet till processoptimering och kan i kombination med fysikaliska modeller och neurala nätverk utvecklas till hybridmodeller som kan användas för processtyrning.

Nordisk forskning har den senaste femårsperioden uppnått en framskjuten position i världen inom modellering/simulering av metallurgiska processer samt värmnings- och bearbetningsprocesser. För att underlätta överförandet av nu tillgängliga och framtida forskningsresultat till industrin behöver en struktur skapas där den samlade erfarenheten är sammanställd på ett ändamålsenligt sätt. Det är viktigt att göra informationen tillgänglig och tillämpbar även för forskare inom stålindustrin som inte dagligdags arbetar med modellutveckling. Dessutom kan informationen i den skapade kunskapsdatabasen användas för att ta fram förenklade samband med tillämpningar i respektive verks online-modeller för processtyrning. Det är även av största vikt att utifrån denna utveckla verksanpassade och användarvänliga modeller som kan användas till metodutveckling och som kan implementeras i stålindustrins miljö.

Prediktering av långtidsegenskaper hos metalliska konstruktioner

Optimering av materialegenskaper för maximal livslängd förutsätter att dimensionering kan ske med god noggrannhet med avseende på komponentvikt för lågtemperaturanvändningar och korrosion – mekaniska egenskaper för högtemperaturanvändningar. Ett resurssnålt materialutnyttjande kräver att rätt material används och att prestanda hos de nya material som kommer fram kan utnyttjas till fullo. I fallet med tillämpningar i energi- och processindustri är kryp-, utmattnings- och korrosionsdimensionering styrande. Högre verkningsgrader i energianvändning och mer miljövänliga slutna processer kommer att ställa nya krav som skapar behov av nya bättre dimensioneringsmetoder och underlag. Återvinning av material kommer att betyda att mer aggressiva miljöer skapas där kombinationen av kryp och utmattning, med och utan korrosion, bestämmer den tekniska livslängden. I dimensionering av lättviktstrukturer för fordonsindustrin är utmattningsdimensionering av primär betydelse. Ett optimalt materialutnyttjande kommer i framtida fordon att innebära att olika materialsorter och olika materialtjocklekar kombineras. Detta kommer i allmänhet att ske med andra fogningstekniker än de som är dominerande idag. Det betyder att nya dimensioneringsmetoder och underlag kommer att behövas.

Avancerad termodynamisk modellering av höglegerade stålprodukter

Legerade stål är den viktigaste exportprodukten för svensk stålindustri och det krävs kontinuerlig forskning och utveckling för att industrin skall bibehålla sin världsledande ställning. Ett av de viktigaste verktygen för utveckling av höglegerade stål är att använda termodynamiska databaser för att förutsäga stabiliteten av olika faser i stålen och simulera hur de omvandlas. För höglegerade stål som kan innehålla 5–10 legeringsämnen som Al, B, C, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, N, Nb, Ni, Si, Ti, V, W, m fl, och föroreningar som O, P, S, är det omöjligt att genom enbart experimentella metoder hitta lämpliga legeringstillsetser. Genom utvidgning och förbättring av

de modeller och utvärderingar som ingår i de termodynamiska databaserna får industrin en viktig fördel i den internationella konkurrensen.

Intermetalliska faser förekommer i alla legerande stål. Vissa av dessa som σ , μ , etc, vill man undvika eftersom de är spröda medan andra som γ , Laves, etc, kan vara viktiga för härdningsoperationer. De termodynamiska databaserna kan förutsäga vilka halter av legeringsämnen och temperaturer som är kritiska för att bilda dessa intermetalliska faser men kraven på noggrannhet i dessa förutsägelser har ökat från industrin. Det krävs en omfattande revidering av dessa faser i de existerade databaserna för stål för att få bättre beräkningar eftersom de intermetalliska faserna ofta behandlats med för enkla modeller i de tidigare utvärderingarna. Då var det viktigast att få en bra beskrivning av de dominerade faserna, smälta, ferrit, austenit etc. För modelleringen är det viktigt att utnyttja kunskaper som kan erhållas genom ”ab initio” beräkningar. Även faser med icke-metaller som karbinder, nitrider och oxider kan behöva revideras i detta sammanhang.

Tillsammans med kinetiska modeller är den termodynamiska databasen nödvändig för realistiska simuleringar av t ex stelning och hur mikrostrukturen bildas vid fasomvandlingar. Ett materials mikrostruktur är den avgörande faktorn för dess mekaniska egenskaper och om man kan göra realistiska simuleringar av olika värmebehandlingar kan man få bättre förståelse för vilka faktorer som påverkar mikrostrukturen och därigenom egenskaperna.

Modellering på atomär nivå

De flesta av dagens kända material har utvecklats med hjälp av den välkända sk ”trial-and-error”-metoden. Ett i grunden helt annorlunda tillvägagångssätt, baserat på *ab initio* elektronstrukturberäkningar, växer för närvarande fram i snabb takt och kan lämpligen benämnas *kvantmekanisk materialdesign*. *Ab initio*-metoder gör det möjligt att bestämma ett systems elektronstruktur och dess totala energi utifrån lösningar till den kvantmekaniska Schrödinger-ekvationen. Då dessa metoder inte använder några som helst empiriska data (därför beteckningen *ab initio*) kan de användas till att förutsäga helt nya egenskaper hos det undersökta materialet och blir därför ytterst kraftfulla verktyg inom materialvetenskapen.

Kvantmekanisk materialdesign är dock fortfarande ett tämligen outnyttjat hjälpmedel, vilket huvudsakligen beror på att verkliga material är oerhört komplexa i sin uppbyggnad. Utformandet av teoretiska metoder som kan beskriva legeringar har pågått kontinuerligt under en lång tid. Det är dock först i och med den allra senaste utvecklingen som viktiga egenskaper hos rostfritt stål nu kan behandlas teoretiskt på ett *kvantitativt* korrekt sätt. Detta genombrott har varit ett länge hett eftertraktat mål inom legeringsteorin. De nya resultaten är mycket lovande och illustrerar de framtida möjligheter som detta teoretiska angreppssätt erbjuder. Exempelvis kunde från teorin två austenitiska stål med unika egenskaper förutspås.

4. Förbättrad processteknik

Optimering av metallurgiska processer för framställning av avancerade nischprodukter genom simulering, experimentell verifiering och implementering

Stål måste få ytterligare förbättrade materialegenskaper för att lyckas utveckla nya nischprodukter till de alltmer krävande kunderna. För en stor del av produkterna är det inneslutningskarakteristiken som styr materialegenskaperna. Inneslutningar bildas under stålframställningens skänkbehandling samt under gjutningen av stålet till färdig produkt. En fortsatt forskning inom dessa områden är nödvändig med betoning på effekten på materialegenskaperna i den färdiga produkten.

Utveckling av ny innovativ mätteknik för metallurgiska processer

Snabb och pålitlig analys av fundamentala processparametrar, t ex gassammansättning, är av stor vikt för att effektivt kunna styra värmnings- och smältprocesser. Under senare år har det också skett en kraftig utveckling av mjukvara för att övervaka olika framställningsprocesser. Stålintustrins processer består vanligtvis av en mätmiljö som ofta inbegriper höga temperaturer och dålig separering av olika materialfaser. Exempel på det senare är stoffförekomst i gasflöden eller slaggförekomst i metallsmältor. Det finns därför ett fortsatt stort behov av att utveckla och anpassa robusta och driftsäkra sensorer för denna typ av miljöer. Prioriterade områden är beröringsfri mätteknik och teknik som medger realtidsanalys av processfenomen.

Ett mycket viktigt behov är att kunna styra processer såsom valsning och glödning för att uppnå önskade slutegenskaper. Detta kräver dock oförstörande metoder som kan läsa materialets mikrostruktur på ett beröringsfritt sätt. Ett mycket lovande exempel av teknik för detta ändamål är kombinationen av laser- och ultraljudmetoder (LUS). Andra tekniker baseras bl a på magnetiska mätningar.

Utvecklingen av beröringsfri mätteknik som stödjer en övergång från off-line till on-line styrning i realtid av tunga tillverkningsprocesser inom svensk stålindustri bedöms öka industrins konkurrenskraft, därför att detta kommer att leda till en optimering av processen, kortare processtider och möjlighet till ökat kapacitetsutnyttjande i befintliga anläggningar. Vidare kommer man att kunna minska på användandet av förbrukningsmaterial såsom temperatur- och provtagningssonder men även minska behovet av service och underhåll jämfört med dagens extraktiva mätteknik.

Förbättrad uppföljning och styrning av metallurgiska processer genom tillförlitligare bestämning av inlösta element och icke-metalliska inneslutningar i stålprover

För att kunna uppnå en ytterligare förbättring av ståltillverkningsprocesserna krävs en än mer tillförlitlig information från de prover som tas kontinuerligt under ståltillverkning. Kvalificerade experter från vår stålindustri med lång erfarenhet av att bedöma icke-metalliska inneslutningar anser att det fortfarande råder tveksamhet om optimalt utformade prover från de olika processtegen samt provberedningen vad gäller inneslutningsbedömning. Till detta kan läggas att nya analysmetoder har utvecklats som ställer nya krav på prover vad gäller analys av element som både löser sig i stål och icke-metalliska inneslutningar.

Det är nödvändigt att ta ett tvärvetenskapligt grepp på problemen kring provtagare och analysmetoder, i syfte att öka tillförlitligheten på den information som kommer fram. På så sätt kan varje enskild process både följas upp och styras på ett mer effektivt sätt. Detta kommer att leda till ökad produktivitet, minskade antal charger som skrotas eller nedklassas pga felaktig analys, materialegenskaper med snävare toleranser, mm. För att klara detta erfordras ett nära samarbete mellan experter inom metallurgi, gjutning, analytisk kemi, metallografi och oförstörande provning såväl från företagen som från olika forskningsutförare.

Utveckling av processteknik för avancerade nischprodukter

Bearbetningsprocesser där materialets egenskaper skapas under valsningensprocessen genom kombinerad varmvalsning och kylning kan vara ett alternativ till tillsatser av dyra legeringsmaterial vid stålframställningen. Ny processteknik inom t ex stångvalsning erbjuder nya möjligheter till att valsa och kyla inom temperaturområden som inte tidigare varit möjliga. Antalet olika material som valsas i samma valsverk är stort inom svensk stålindustri vilket ställer höga krav på snabba omställningar i verket och på valsningensprocessen.

Materialutveckling är ett viktigt område. Egenskaper såsom hållfasthet, seghet och svetsbarhet måste förbättras samt bearbetbarheten och reproducerbarheten för att öka utbytet i verkstadsindustrin. Detta kräver att bearbetningen betraktas som en helhet där stålchemin, mikrostruktur och processparametrarna samverkar. Allt hårdare krav från slutanvändarnas tillverkningsprocesser innebär att toleranserna måste förbättras. Utvecklingen mot t ex höghållfasta stål ger bättre prestanda, lägre vikt och sänkt materialförbrukning hos slutanvändare, vilket i sin tur innebär sänkt energiåtgång och mindre miljöbelastning. Detta ställer i sin tur högre krav på att valsningen kan utföras så att korrekt yta, form, dimensioner och planhet samt mindre inre spänningar erhålls på slutprodukten. Valsningensprocessen kommer i framtiden i allt högre grad att styras mot tillverkning av högkvalitativa produkter vilket innebär mer och mer komplicerad valsningsteknik.

Genom minskat antal ytdefekter kan utbyten i olika tillverkningsprocesser förbättras samtidigt som behovet av ombehandlingar minskar.

Nya processer och material för nära ”färdig-form-produktion”

”Färdig-form” eller ”nära-färdig-form” via pulvermetallurgiska tillverkningsprocesser inväntar potentiella tekniskprång för att öka tillämpningsområdet. Hållfasthets- och utmattningsegenskaperna för PM-framställda komponenter måste kunna garanteras på minst samma nivå som för konkurrerande lösningar. Inom PM är materialutveckling i första hand kopplat till processutveckling. Det förklaras av att pulverbaserade processer är mycket beroende av pulverpartiklarnas ytkemi med betoning på ytoxider. Ytoxider förhindrar effektiv sintring, homogenisering av legeringselement, samt försvårar framställning av höglegerade material genom att blockera diffusionsvägar. Kvarstående ytoxider nedsätter dessutom materialegenskaperna. Kunskap inom området gasmetall-reaktioner är nyckeln för att angripa problemen.

Kraftöverförande komponenter, t ex kugghjul i växellådor, kan tillverkas genom pulverpressning följt av sintring/härdning i ett processteg. ”Tekniksprånget” innebär här att hållfasthetskraven uppfylls genom en kombination av förbättrad legeringsteknik och pressning/sintring mot högre densiteter. Andra viktiga utvecklingssteg är utveckling mot finare partikelstorlekar för högre bulktaethet, utveckling mot högre yttätheter samt utveckling mot lägre syrenivåer i hetisostatpressade komponenter.

Bearbetningsteknik och materialbeteende i samband med tillverkning av avancerade material

Den allmänna utvecklingen inom bearbetningstekniken drivs mot allt energisnålare tillverkningsprocesser, bättre utnyttjande av materialen i resursbesparande syfte samt allt högre krav på tillverkningsprecision. Projekten inom området bearbetning och materialbeteende kommer därför att inriktas mot bearbetning av nanomaterial, modellering och simulering av olika processer samt studier av ytfenomen och tribologiska fenomen.

Så kallade nanomaterial med extremt fina korn kan erhålla extremt höga hållfasthetsnivåer, vilket skapar helt nya möjligheter för användarna. Utveckling av nanomaterial kommer att bli ett stort forskningsområde under de närmaste åren. Bearbetningsaspekterna är viktiga att utforska, eftersom tillverkning av vissa nanomaterial förutsätter extremt stor omformning för att kornstorlekar i nanoområdet skall kunna erhållas. Praktiskt möjliga processer (såväl tekniskt som ekonomiskt möjliga) måste utvecklas för att nanomaterial skall kunna framställas till rimliga kostnader. I utlandet studeras bl a varianter av extrusionsprocesser för detta ändamål.

Modellering av, och optimering av olika massivomformningsprocesser, med syfte att belysa olika anisotropieffekter är viktigt vid processer som är mera komplicerade ur deformationssynpunkt. Bättre modeller, som kan tas fram med hjälp av FEM-simuleringar, bidrar till att effektivisera processerna med förbättrade utbyten och lägre energiåtgång som följd. Förbättrade möjligheter att styra slutegenskaperna mot högre hållfasthetsnivå, kan också utvecklas. Stegvalsning, ringvalsning, profilvalsning av tråd är processer där intressanta resultat kan erhållas. Vid plattvalsning är det särskilt intressant att studera inverkan av materialbeteendet (med utveckling av bättre konstitutiva samband) på styrningen av processen särskilt i samband med små plastiska deformationer. Material tillverkade under sådana betingelser är av stort intresse för t ex fordonsindustrin.

Studier av tribologiska fenomen i samband med kallvalsning kan ske med experimentvalsningar i syfte att bättre utvärdera olika parametrars inflytande på materialens ytkarakteristik. Restspänningsfenomen kan också bättre kartläggas genom kombination av experiment och FEM-modellering. Användning av ultrahöghållfasta stål, som idag begränsas pga problem med restspänningar, kan komma till användning i fler applikationer, förutsatt att kunskapen om styrning och prediktering av friktion, anisotropi och kylningsförhållanden förbättras.

Framtagning av ny typ av modeller krävs för fortsatt utveckling av industriella bearbetningsprocesser, såsom valsning, smidning, extrusion, mm. Här avses att bygga upp kompetens i samarbete med IT-företag som är aktiva inom området styrning och reglering för industrin. Förbättrad kunskap inom detta område möjliggör resursbesparingar av både energi- och materialåtgång.

DEN SVENSKA STÅLINDUSTRINS BRANSCHORGANISATION

Jernkontoret grundades 1747 och ägs sedan dess av de svenska stålföretagen. Jernkontoret företräder stålindustrin i frågor som berör handelspolitik, forskning och utbildning, standardisering, energi och miljö samt skatter och avgifter. Jernkontoret leder den gemensamma nordiska stålforskningen. Dessutom utarbetar Jernkontoret branschstatistik och bedriver bergshistorisk forskning.

JERNKONTORET

Box 1721, 111 87 Stockholm · Kungsträdgårdsgatan 10
Telefon 08-679 17 00 · Fax 08-611 20 89
E-post office@jernkontoret.se · www.jernkontoret.se

