



## Examensarbete: Undersökning av krypbeteende och spänningsrelaxationsbeteende vid rumstemperatur

### Inledning

Vid beskrivning av deformationsbeteendet runt rumstemperatur brukar man anta att deformationsbeteendet för stål kan beskrivas av elastisk och plastisk deformation. Man bortser därmed från en eventuell tidsberoende plastisk deformation (viskoplastiskt). Oftast har ett eventuell viskoplastiskt beteende en försumbar inverkan på konstruktionen men i vissa fall har den viktig betydelse, till exempel i förspända glidresistenta skruvförband.

I ett EU-finansierat projekt om förspända glidresistenta skruvförband av rostfritt stål utvecklade Outokumpu R&D i Avesta en försöksmetodik för att karakterisera ett eventuellt viskoplastiskt beteende genom att använda en elektromekanisk provningsmaskin. Resultatet från detta arbete [1] ledde till ett projektarbete [2] finansierat av Jernkontoret med deltagande från Sveriges stålindustri. Stålen som undersöktes var ett klassiskt konstruktionsstål från SSAB, två höghållfastastål från SSAB samt ett super duplex rostfritt stål från Sandvik Materials Technology. Resultatet från detta arbete styrkte hypotesen att det viskoplastiska beteendet vid rumstemperatur är starkt beroende av stålets flytgränsbeteende. Ett stål med kontinuerlig sträckgräns ( $R_p$ ) uppvisar viskoplastiskt beteende efter vad som antas vara proportionalitetsgränsen medan ett stål med uttryckt sträckgräns ( $R_e$ ) uppvisar viskoplastiskt beteende först runt sträckgränsen.

### Syfte

Syftet med det utlysta examensarbetet är att bygga vidare på dessa två arbeten och främst undersöka inverkan av produktionsprocessen på duplex rostfritt stål samt undersöka höghållfasta stål som typiskt används i kullagerapplikationer. För fallet med duplex så är frågeställningen om icke lösningsglödgad duplex rostfritt stål har annorlunda viskoplastiskt beteende. För fallet med höghållfasta stål så är frågeställningen om det går att observera inverkan av restaustenit och eventuella härdningsmekanismer på det viskoplastiska beteendet.

Andra frågeställningar som kan vara av intresse för examensarbetet är (i mån av tid):

- Kan andra deformationsmekanismer än dislokationsglidning aktiveras under konstant last (till exempel tvillingbildning och martensitomvandling)?
- Det går att omvandla flytgränsbeteendet på duplex rostfritt stål från kontinuerligt till uttryckt med ett visst processteg och frågan är då om det också innebär signifikant förändrat viskoplastiskt beteende.
- Förklaringen till det viskoplastiska beteendet vid rumstemperatur är termiskt aktiverad dislokationsglidning. Dock verkar härledningen av krypbeteendet från fysikaliska modeller inte vara helt korrekt då provningen visar på en initial kryphastighet som antingen inte tas med i modellerna eller försummas bort.

## Arbetet innefattar:

- Praktiska kryp- och relaxationsförsök med en elektromekanisk provningsmaskin.
- Analys av provningsresultat med MATLAB.
- Mikrostrukturkaraktärisering med EBSD och ljusoptiskt mikroskop.
- Rapport samt presentation av resultaten för Jernkontorets teknikområde 41, Stålutveckling och applikationer (TO 41).

## Vi söker dig som:

- Är intresserad av att både utföra provning och applicera teori.
- Har erfarenhet av MATLAB eller programmering (till exempel Java).
- Intresserad av mekanisk metallografi.
- Har möjlighet att arbeta i Avesta under tiden för examensarbetet.

Arbetet styrs av TO 41 på Jernkontoret med deltagande från Sveriges stålindustri, se [www.jernkontoret.se/TO41](http://www.jernkontoret.se/TO41)

Arbetet kommer att genomföras i Avesta och bostad kommer att ordnas vid behov.

Kontakta Johan Pilhagen ([johan.pilhagen@outokumpu.com](mailto:johan.pilhagen@outokumpu.com)) eller Paul Janiak ([paul.janiak@outokumpu.com](mailto:paul.janiak@outokumpu.com)) om du är intresserad.

## Referenser

- [1] N. Afzali, J. Pilhagen, T. Manninen, E. Schedin, N. Stranghöner, Preload losses in stainless steel bolting assemblies, Steel construction 10, 2017, No. 4, pp. 310-318.
- [2] T. Totzauer, J. Pilhagen, Investigation of creep and stress relaxation at room temperature for different steels (Internship project report), Jernkontorets forskning, rapport TO41-49, 2020.