

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG

Datum



Postadress 774 01 AVESTA
Telegramadress JERNVERKET, AVESTA
Telefon 0226-505 00
Telex 7530
7513 Inköpsavdelningen
7532 Manufakturverk

Vår referens

Er referens

K Olle Nordin

AOD-PROCESSEN FÖR TILLVERKNING AV ROSTFRITT STÅL

AOD-PROCESSEN FÖR TILLVERKNING AV ROSTFRITT STÅL

AOD betyder Argon-Oxygen-Decarburization och benämningen AOD-processen står för en metod att tillverka rostfritt stål, som kännetecknas av att stålets erforderliga låga kolhalt uppnås genom en färskningsprocess, där en blandning av argon och syrgas blåses genom stålsmältan. Förfarandet utvecklades under 1960-talet i samarbete mellan Union Carbide Co och Joslyn Stainless Steel Co i detta verks anläggningar i Fort Wayne, Indiana, USA. Sedan man fått klarhet i att processen bäst genomföres i konverter har metoden fått en mycket stor framgång och tillämpas nu vid ett 30-tal anläggningar. Licens för processens tillämpning meddelas av Union Carbide Co.

1. Problem vid tillverkning av rostfritt stål med låg kolhalt

a) Huvudtyper av rostfritt stål

ferritiska stål, med krom (≥ 13 %) som väsentligt legeringsselement

austenitiska stål, med krom (ca 18 %) och nickel (≥ 8 %) som väsentliga legeringsselement

ferrit-austenitiska stål, med krom (ca 25 %) och nickel (ca 5 %) som väsentliga legeringsselement

För samtliga dessa material gäller att önskad kolhalt ligger under 0,1 % och ofta under 0,05 respektive 0,03 %. Ett undantag finns i gruppen ferritiska

stål, där de s k rostfria knivstålen kan ha kolhalter upp till ca 1 %, och normalt levereras i martensitiskt (härdat) tillstånd. Volymmässigt domineras dock de rostfria stålen helt av lågkolhaltiga produkter.

På senare tid har framkommit en fjärde huvudgrupp, de s k ELI-stålen (ELI = Extra Low Interstitials) som kännetecknas av extremt låga halter av kol och kväve. Som gräns för summan av dessa element brukar nämnas 0,01 - 0,015 % (100 - 150 ppm). Hittills är det enbart de ferritiska stålen som nått någon större volym i ELI-utförande.

b) Traditionella framställningsmetoder för rostfritt stål

På grund av materialens legeringsinnehåll är elektrisk smältning nödvändig. Kravet på låg kolhalt och svårigheten att fårska till låga kolhalter vid hög kromhalt i smältan gav i de rostfria stålen barndom endast två kommersiellt framkomliga vägar:

tillverkning i högfrekvensugn från rena råvaror eller genom omsmältning av känt rostfritt skrot av rätt analys;

tillverkning i ljusbågsugn genom upplegering av en till låg kolhalt fårskad ren järnsmälta.

Dessa metoder var de dominerande ända in på 1940-talet. En av konsekvenserna var att rostfritt skrot av okänd analys - och framför allt med okänd kolhalt - blev en nästan värdelös råvara. Inom järnverken var därför noggrann sortering av eget fallande skrot i och för omsmältning i högfrekvensugn ett

allmänt tillämpat förfarande.

Insatser i USA, framför allt av Hilty och medarbetare ledde till utvecklingen av en metod att reducera kolhalten i en smälta med hög kromhalt genom färskning med ren syrgas (1). Till en början hade man stora praktiska svårigheter med den nya metoden främst emedan den medförde väsentligt högre temperatur än man tidigare haft i ljusbågsugnen. Nya keramiska material tvingades emellertid fram samtidigt som man lyckades förkorta tiden under extremt hög temperatur genom forcerad syrgastillförsel. Ännu idag torde huvuddelen rostfritt stål tillverkas enligt nämnt förfarande. Termodynamiskt förklaras metoden av att den vid syrgasblåsningen inträdande höga temperaturen medför en förskjutning i jämvikterna så att den önskade låga kolhalten kan uppnås vid en förhållandevis hög kromhalt i smältan. Samtidigt underlättar den höga temperaturen återreduktion av krom från slaggen, som vanligen sker med kisel.

c) Moderna metoder för framställning av rostfritt stål

Under 1950-talet utvecklades vakuummetoder för användning inom metallurgien i full driftsskala. Man syftade främst till att reducera stålets vätehalt, som om den är för hög kan medföra svåra problem i framför allt grova materialdimensioner (s k flakes). Många metoder kom till användning och åtskilliga är fortfarande aktuella. När tekniken att använda vakuum därmed var utvecklad låg det nära till hands att syrgasfärska under reducerat tryck. Som skall framgå av det följande påverkas kol/syrejämvikten i ett stålbad i hög grad av partialtrycket för bildad kolmonoxid. Bland metoder som utnyttjar detta förhållande kan nämnas Wittenprocessen, som i Sverige

tillämpas i Fagersta.

Ett sätt att sänka partialtrycket för bildad kolmonoxid utan användning av vakuum är att blanda den inblåsta syrgasen med en gas som ej deltar i färskningsreaktionen, exempelvis argon. Kväve kan också användas, enbart eller i blandning med argon. Kväve går emellertid i lösning i smältan i så hög grad att enbart kväve inte är praktiskt lämpligt. Detta är AOD-processen.

En liknande tanke är under utveckling i Uddeholm. Man blandar här syret med vattenånga som i kontakt med smältan sönderdelas i syre och väte. Väte blir här den utspädande gasen. Lösligheten för väte i stål är emellertid så hög att ett separat tvättningssteg måste läggas in i processens slutskede. Argon användes då för sänkning av vätehalten. Försök i full skala pågår i Degerfors och avvaktas med stort intresse inom järnhanteringen.

2. AOD-processens teoretiska bakgrund

Vid konventionell syrgasblåsning i ljusbågsugn består de under färskningen bildade gasblåsorna praktiskt sett av ren koloxid av en atmosfärs tryck. Vid varje kombination av kolhalt och temperatur finns vid jämvikt en given kromhalt. Ligger den verkliga kromhalten högre oxideras väsentligen krom. Ligger den lägre oxideras väsentligen kol. Jämvikten kol/krom påverkas starkt av temperaturen under i övrigt enahanda förhållanden i sådan riktning att en förhöjning av temperaturen gynnar kolfärskningen, d v s kromförlusten till slaggen blir lägre. Partialtrycket för koloxid i gasblåsorna påverkar också jämvikten kol/krom på så sätt

att ju mera blåsan utspädes av en inert gas desto mera gynnas kolfärskningen. Förhållandet illustreras på ett enkelt sätt i bild 1.

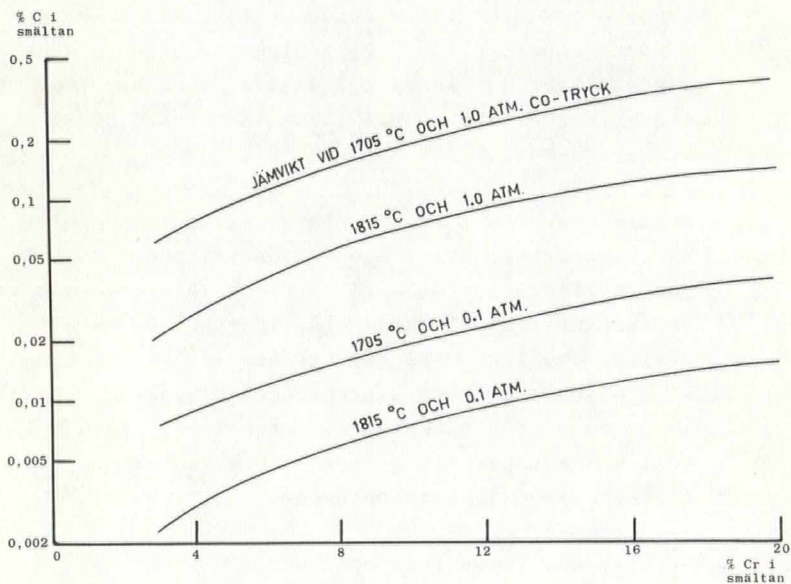


Bild 1. Jämviktskurvor för kol och krom i smälta (2)

AOD-processen utnyttjar detta genom att späda syrgasen med argon. Ekonomin blir den bästa om förhållandet syre/argon successivt minskas i takt med avtagande kolhalt i smältan under processens gång. Av praktiska skäl brukar man dock nöja sig med tre blandningsförhållanden, som vanligen är 3:1, 2:1 och 1:2.

3. AOD-processens praktiska tillämpning

a) Utrustning

Det specifika för processen är att den genomföres i konverter, alltså utan yttre energiinsats. Bild 2 visar Avestas 55-tons konverter i chargeringsläge, d v s beredd att mottaga råstål från ljusbågsugn.

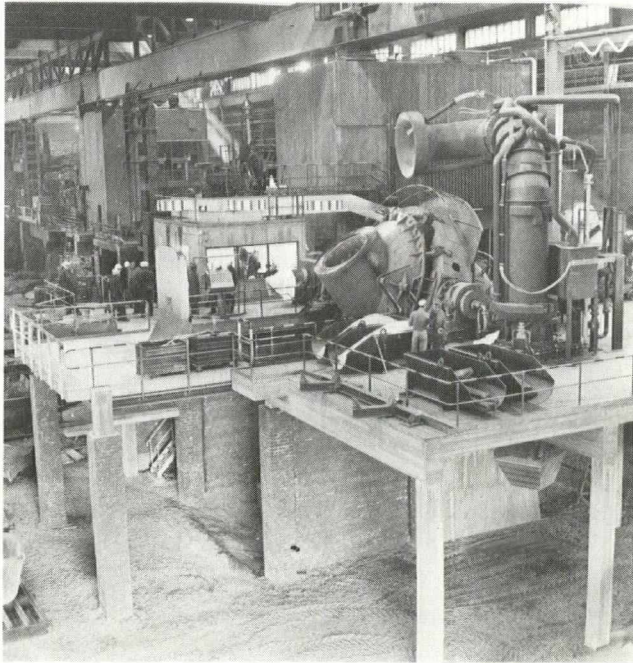


Bild 2. Avestas 55-tons AOD-konverter

Rörsystemet till höger om konvertern hör till rökgasreningen som är av typ slangfilter.

Gastillförseln sker genom ugnens sida, ett stycke

över botten, genom 3 s k formor. Förutom syre och argon finns möjlighet att tillföra kväve samt luft; den sistnämnda gasen för kylning av formorna vid förvärmning o d.

Eftersom foderlivslängden är förhållandevis kort finns tre utbytbara konverterkroppar. Stilleståndstiden vid byte av foder blir därmed ganska kort - ca 5 timmar.

b) Chargeförlopp

Råstålet. Det material som överföres från samverkande ljusbågsugn skall ha halter av krom och nickel som nära överensstämmer med det färdiga stålets analys. Kolhalten bör vara ca 1 % och kiselhalten ca 0,4 %.

De snäva, önskade halterna sammanhänger dels med önskemålet att behöva göra endast små justeringstillsatser i konverter, dels med infodringens livslängd som påverkas i hög grad av kol- och kiselhalten.

Vid tappningen från ljusbågsugnen vill man ha en temperatur av ca 1550°C. Råstål och slagg tappas tillsammans i en transportskänk. Slaggen hälls av och analysprov tages. På basis av halterna kol, kisel, mangan och krom beräknas erforderlig volym syrgas för den kommande blåsningen. Råstålet hälls över i konvertern.

Konvertering. Blåsningen genomföres i tre steg med allt mera utspädd syrgas. Bild 3 illustrerar temperaturförloppet liksom analysförloppet för kol, kisel,

mangan, svavel och krom. Några korta kommentarer:

Temperaturen måste hållas under kontroll genom successiva kylningar. Härför kan användas skrot i lämplig styckestorlek och bränd kalk.

Efter de tre blåsningsstegen följer ett reduktionssteg, varvid tillsatt kisel reducerar tillbaka största delen av den krom och mangan som förlorats till slaggfasen under tidigare oxidationssteg.

I den mån svavelhalten så kräver, genomföres därefter en svavelrening efter tillsats av ny slagg, baserad på kalk och flusspat. Omröring sker genom inblåsning av enbart argon och effekten är mycket snabb. Slutligen sker justering av analys och temperatur, varefter smältan är färdig för tappning och gjutning.

Analysförloppet under processen visar att kol och kisel oxideras snabbt medan kromhalten sjunker med bara 2 % och återvinnes liksom mangan under reduktionssteget.

Den totala chargetiden för en konvertering ligger normalt mellan 90 och 130 min. där stål med lägre slutkolhalt kräver den längre tiden.

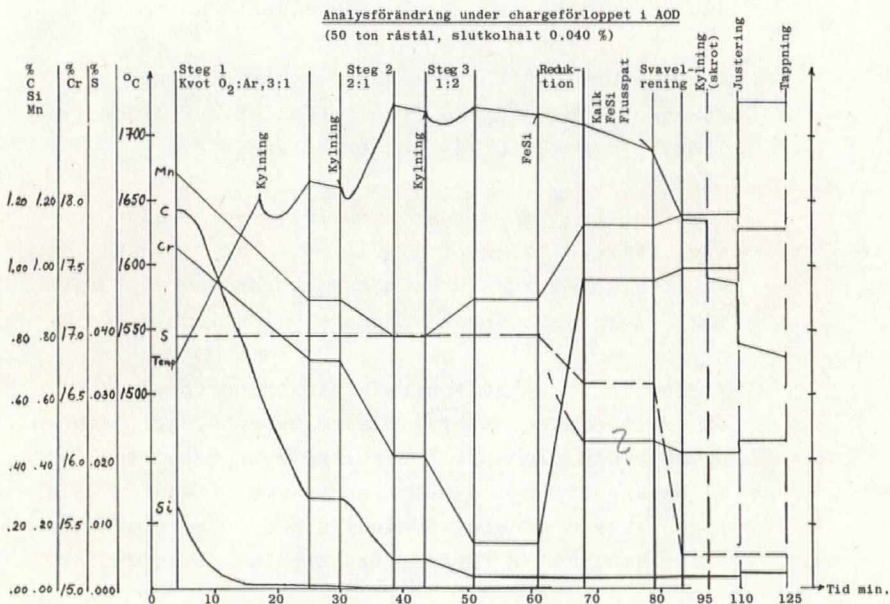


Bild 3. Förloppet av konverterprocessen

c) Förbrukning av gaser och eldfast material

Argon är en dyrbar gas och det kan därför vara av intresse att följa förbrukningen av denna. Bild 4 visar det ackumulerade behovet av både argon och syrgas under en konvertering. Man konstaterar att syrgas användes endast under oxidationsstegen, var- efter bara argon tillföres. Räknat per ton stål förbrukas normalt ca 22 Nm³ argon och 21 Nm³ syrgas vid en ingående kolhalt av ca 1 %. Slutkolhalten spelar också stor roll. Nämnade siffror är medel- värden mellan slutkolhalten $\leq 0,030$ och $\geq 0,040$ %.

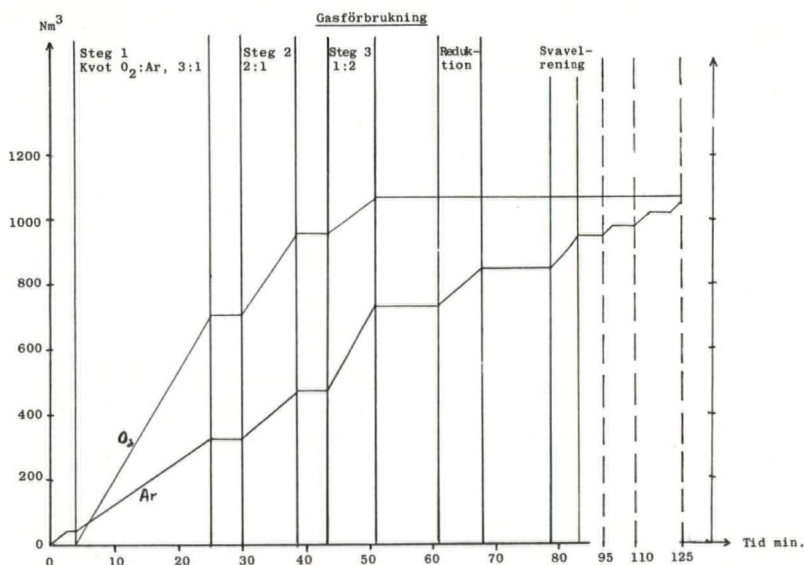


Bild 4. Gasbehov under konverterprocessen

Även kostnaden för eldfast material är betydande. Fodret i konvertern påkännes både genom kemisk inverkan och genom erosion. Området kring formorna är speciellt utsatt. För en god ekonomi måste den eldfasta infodringen balanseras så att livslängden blir lika lång i alla delar av konvertern. Detta betyder att flera sorter eldfast material måste användas i ett foder. En normal foderlivslängd är ca 40 smältor. Det kan ta tid att komma fram till ett så gott värde beroende på att så många parametrar har influens på fodrets livslängd.

4. AOD-stålets kvalitet

Analysmässigt ger metoden följande fördelar:

Kolhalten kan drivas ner till lägre värden än som kan erhållas med konventionella metoder. Halter omkring 0,010 % torde kunna nås.

Svavelhalten kan också enkelt göras extremt låg, väl under 0,010 %.

Blyhalten blir lägre och troligen också jämnare.

Både syrehalt och kvävehalt blir lägre.

Slaggbilden är gynnsammare än vid ljusbågsstål. Framför allt är antalet större oxidiska slagger lägre (3).

5. AOD-processens ekonomi

Om man studerar den rörliga tillverkningskostnaden för ett rostfritt stål, vare sig det produceras på konventionellt sätt i ljusbågsugn eller via AOD- eller annan modern process, så finner man att kostnaden för råvaror är en helt dominerande post eller ca 90 %. Övriga vitala poster är löner, eldfast material, grafitelektroder, elenergi, gaser samt underhållskostnader.

Vissa av de nämnda kostnadsposterna minskar och andra ökar vid en övergång från konventionell teknik till AOD-processen. Totalt sett kan man räkna med en kostnadsänkning av 100 - 150 kr per ton stål. Bland viktiga kostnader som påverkar detta saldo kan nämnas:

Plusposter

Råvarukostnaden minskar genom ett med ca 10 % ökat ut-Nordin - 12

byte av krom. Samtidigt kan krombehovet till dominerande del täckas av högkolhaltiga legeringar istället för sk affinéprodukter. Den totala besparingen på kromsidan är större än totala saldot. Kostnader i ljusbågsugnen minskar för infodring, löner, elektroder, gas och energi.

Minusposter

Kostnader i mellanskänk och konverter tillkommer. De viktigaste är infodring, löner, gaser och licensavgift.

Referenser:

1. D C Hilty
Relationship between chromium and carbon in refining of chromium steel (Proceedings of Electric Furnace Steel conf. AIME 6 (1948) s. 140-148)
2. Ancott et all: The Theory and Practice of the Argon/Oxygen Decarburizing Process. (Journal West Scotland I & Steel Inst. Vol. 79, 1971-1972 s. 97-127)
3. Ch. Jörgensen
Union Carbide-processen för framställning av rostfritt stål. (JKA, vol. 155, 1971 s. 149-155)

1973-11-12

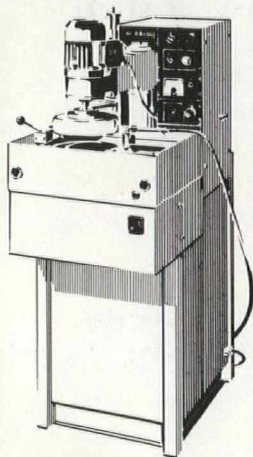
Nordin - 13

PRÆPARATION AF METALLOGRAFISKE OG MINERALOGISKE PRØVER



PLANOPOL + PEDEMAX

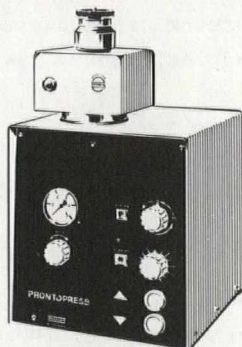
Slibe- og polerudstyr, som enten kan arbejde selvstændigt eller sammen med Abraplan og Abrapol.



ABRAPLAN ABRAPOL

Halvautomatiske maskiner til præparation af stort antal prøver. Til rutinekontrol og lign.

STRUERS program for præparation af metallografiske og mineralogiske prøver til mikroskopisk undersøgelse omfatter samtlige trin fra skæring og indstøbning til den afsluttende finpolering. Programmet er under stadig udvikling, og vi viser her nogle af de sidste nyheder.

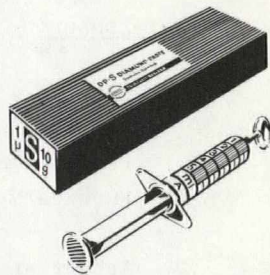


PRONTOPRESS

Automatisk indstøbningspresse. Indstøbning på op til 40 mm diameter automatisk på under 10 minutter.

DP-S PASTA

Diamantpasta, baseret på syntetiske diamanter, som er billigere end naturlige. Kornstørrelser $1/4 \mu - 15 \mu$.



Derudover omfatter vort program skæremaskine, indstøbningspresse, sli-

bemaskiner, halv- og helautomatiske elektrolytiske polerapparater, manuelle og automatiske tonerde- og diamantpolermaskiner samt transportable polerapparater til brug ved ikke-destruktiv undersøgelse af metaldele.

