

Stawfordska Sällskapet

Historikgruppen för Höganäs AB



Rapport 5

Från järnmalm till järnsvamp - Direktreducering av anrikad järnmalm En historik översikt

av
Leif L'Estrade

December 2003

I begynnelsen

När framställdes järnpulver första gången? Det är omöjligt att säga, men det var säkert för ett par tusen år sedan. Den tidiga järntillverkningen gick via svamp, eftersom man inte klarade av att nå erforderlig smälttemperatur för malmen. Dr Ludwig Beck, i "Geschichte des Eisens", indelar järnets historia i fyra avdelningar, varav

den första anses räkna från den tid då järnet först började användas av människan och till tiden för de stora folkvandringarna, och då detsamma alltid framställdes i smidbar form (här avses alltså svamp) i ugnar, som gick antingen med naturligt drag eller med bälgar och pustar, drivna med handkraft.

Den andra perioden räcker från folkvandringarnas tid och till mitten av 1400-talet och härunder framställdes ävenledes endast smidbart järn (svamp) direkt, men ugnarnas blåsmaskiner började drivas med maskinkraft. Järnet kom i allmänt bruk och blev så gott som den enda för vapen och industriella ändamål använda metallen.

Den tredje avdelningen räcker från mitten av 1400-talet till slutet av 1700-talet och utmärker sig för att under dess början genom ugnarnas förstorande och införandet av kraftigare blåsverk, järnet erhöles som tackjärn, dvs i smält form, varefter man lärde sig genom tackjärnets nedfärsande till mjukare stål och järn åstadkomma såväl allt större kvantitet som ock allt ädlare och bättre vara.

Den fjärde perioden åter börjar med uppfinnandet att framställa järn med koks och stenkolk som bränsle och med ångkraftens införande samt omfattar även introduktionen av smältstålmetoderna (degel-, bessemer- och martinprocesserna).

Efter Becks indelning, som gjordes för drygt hundra år sedan, har tillkommit de elektriska stålprocesserna förutom den enorma utvecklingen av konverterugnarna.

*

Vi ser här att svampmetoderna försvann vid nya tidens början för att ersättas med sk mass-tillverkningsprocesser. Vägen från svamp till detaljer av högkvalitativt stål var så dyr att järn ofta var värdefullare än guld!

Eftersom svampen bearbetades direkt genom hamring och smide till färdig produkt är det ju inte tal om något mellanliggande steg med pulver. Men i vissa fall, som vi ska se, nyttjades vägen via pulver då det krävdes extra hög kvalitet. Någon observerade att i folier av järn förekom rostangripna partier. Om de opåverkade delarna smiddes ihop, erhöles ett material av högre beständighet och hållfasthet än tidigare. Processen kunde upprepas ett flertal gånger och tiden för korrosion vara i flera år. Ofta grävdes de vidareuthamrade plåtarna ned i fuktig jord för att påskynda förloppet.

Ett synligt bevis för denna produktionsmetod är järnpelaren i Delhi. Den skapades i staden Mathura omkring år 400 e Kr och fick sin nuvarande plats på 1050-talet. Pelaren väger 6 ton, är 7.25 meter hög och har en medeldiameter av 0.40 meter. Enligt nyare uppfattning är den baserad på raffinerad järnsvamp. Trots 1600 års tillvaro saknar pelaren rosttecken.

Något senare tillverkade araberna och germanerna svärd enligt samma teknik. Smidd svamp filades till järnpulver och fick rosta. Därpå varmsmidades pulvret (sedan korrosionsresterna avlägsnades) och proceduren upprepades tills föroreningarna hade minskats och de kvarvarande var jämnt fördelade samt kolhalten tillräckligt låg. Förfarandet beskrivs i Amelungenlied och i Siegfriedsagan, där smeden Wieland (Völund) tillverkar svärdet Mimung. Han använde sig av två rostbehandlingar.

Om de forna japanernas ståltillverkning skrev Swedwbnborg i sitt verk De Ferro, att de "utsmida" sitt ojämna stålartade järn i stänger, som de nedgräva på sumpiga ställen, efter några år åter uppgräva det, omsmida det orostade på nytt till stänger, som igen nedgrävas, då efter tillsammans 8 till 10 år endast stål återstår, vilket utsmides och säljes". De berömda japanska samurajsvärden tillverkades troligen på detta sätt.

*

Det förefaller som om vi måste fortskrida till modern tid för att hitta nästa järnpulverapplikation, om det inte hade varit för att... På 1950-talet upptäcktes det i Kamerun, Västafrika, att en "primitiv" stam framställde verktyg, smycken och vapen med PM-teknik och hade gjort så sedan urminnes tider. Kieffer och Hotop har behandlat detta ämne i sin uppsats "The Matakam Story". Tillverkningsgången illustreras: svampugnen har dubbla bälgar och blästerluften införes genom ett långt lerrör i härden så att den blir förvärmad av densamma. Råvarorna är järn-oxid från vattendrag (myrmalm), som tvättats ren från det mesta av gångarten. En charge börjar med att ugnen fylls till drygt hälften med träkol, varefter den ovala öppningen tätas med lera. När kolets tänts och man nått upp i temperatur, görs ett uttag för slaggen nära botten. Med intervaller på 15 minuter slängs ett antal nävar malm och träkol in genom den runda öppningen högst upp. En FeO-rik slag (60% FeO, 35% SiO₂) flyter ut genom öppningen nedtill, som efter en tid stängs med lera och ett nytt hål tas upp en bit ovanför. Vid slutet av en charge, vilken brukar vara upp till 24 timmar vid 1100-1150°C, öppnas ugnen, svampkakan tas ut och kyls i vatten.

Svampen grovkrossas till "nötstorlek" och rensas från kvarvarande kolbitar och bergart. Det erhållna krossgodset finfördelas nu med stenverktyg, varvid ytterligare föroreningar kan avlägsnas för hand. Pulvret fylls sedan i deglar som förseglas med lera och sintras i träkol utan lufttillträde. Efteråt strippas kapslarna, sinterstycket avlägsnas och smids i träkolselden med stora tvåhändade hammare. Upprepad glödning och smide resulterar i långsmala ämnen, vilka därpå smids till färdiga detaljer. Härdning sker ofta och då från hög temperatur ned i en sorts lerpasta.

Matakamexemplet visar att en uråldrig teknik, som fortfarande används in i modern tid, innehåller det mesta av avancerad PM-teknik: svampprocessen, efterreduktion och dubbelpressning/dubbelsintring. När det dessutom framkommer att Matakamstammen betjänar sig av "lost-wax"-metoden för gjutning av brons- och mässingsföremål så börjar man undra om... Enough of magic for today! Men allt är vetenskapligt belagt.

Fortsättningen

Historien tar vid när industrialismen började, men långt dessförinnan framställdes smycken av platina via pulverteknik på medeltiden i Ecuador av en för-Inkakultur.

Från mitten av 1700-talet arbetade Lewis, Scheffer, Allard och andra med platinalegeringar utgående från svamp, som hamrades till färdig form. Rochon producerade år 1786 en smidbar Platinametall från raffinerat pulver och fyra år senare tillverkade Jannety platinadeglar för keramiskt bruk. Knight och Tilloch arbetade ungefär samtidigt med varmsmide av Pt-pulver, som packats i platinarör. Leithner rapporterade 1813 att han tillverkat plåt av samma metall av pulver, uppslammat lagervis i terpentin, som fått torka varpå pulvret upphettats till hög temperatur utan tryck. I Ryssland sintrade Sobolevskoi 1826 pressade formar av Pt-pulver i kommersiell skala. Tre år senare lade Wollaston grunden till den moderna PM-tekniken. Han

utgick från platinasvamp, som maldes försiktigt för att inte förstöra partikelytorna. Överkornen avlägsnades genom siktning och sedimentation. Pulvret pressades vått till en cylinder, som fick torka. Därpå upphettades kroppen till 800-1000°C och smiddes i hett tillstånd. Efter valsning till tunna plåtar fanns nästan ingen porositet kvar. Deglar och andra slutprodukter var av högsta kvalitet.

I början av 1800-talet framställdes pulver av de flesta metallerna genom reduktion av salter. Berzelius, Davy m fl sysslade med detta i avsikt att kartlägga kemiska föreningar och element. En viss Péligré är den äldsta vi kan finna som gjorde mycket rent järn genom glödning i vätgas. I mitten av seklet framkom ett kommersiellt järnpulver, Ferrum Reductum, som såldes på apotek för farmaceutiska ändamål. Det tillverkades genom vätgasreduktion av ren järnoxid och bakades till piller. Sieurin, uppfinnare av Höganäsprocessen, uppger att hans far på 1860-talet också gjorde järnpulver på laboratoriet (Stora Kopparberg) genom vätgasreduktion av järnmalm. Någon idé om komponenttillverkning fanns inte beträffande järnpulver. År 1882 utarbetade Ledebur en apparat för syrebestämning i järnpulver (och – föreningar), i vilket pulvret glödgades med vätgas i en evakuerbar kammare vid 1100°C. Det bildade vattnet uppsamlades och vägdes.

*

Under perioden 1878-1890 utvecklades lampglödtrådar av grafit, volfram, tantal, zirkonium och 1898 osmium (Auer von Welsbach) genom pulvermetallurgiska metoder, vilka nu började komma i ropet. Tråden kunde tillverkas genom inblandning av 2-3 % nickel i volfram med påföljande sintring i vätgas vid en temperatur något under nickels smältpunkt. Ämnena drogs sedan till tråd och nickel togs bort genom vakuumbehandling vid hög temperatur. Processen blev inte lönsam, men var ändå en föregångare till senare tiders hårdmetaller och kompositer. I början av 1900-talet fördes arbetet framåt av Just, Hanaman, von Bolton, Kuzel, Hartman, Voigtländer, Lohmann, Schröter och många andra. Vi måste också nämna Gwinn, USA, som redan 1870 patenterade ett självmörjande lager. Det var tillverkat av tennpulver (filspån), som infiltrerats med petroleum, upphettat under omrörning samt pressat till färdig form. Tio år senare publicerade Spring sina resultat över presstryckets inverkan på egenskaperna. Han tillverkade hundratals legeringar från pulver av lågsmältande metaller.

Efter första världskriget var det i Tyskland svår brist på diamanter (används som dragstenar vid tillverkning av volframtråd för glödlampor), varför industrin måste hitta ersättning. De moderna hårdmetallerna skapades hos Osramverken, det första patentet söktes 1923. En av pionjäreerna, Dr Hans Wolff (kom sedermera till Fagersta), berättar att en laborant, Mathieu, en f d skomakare, löste problemet genom att blanda in järnpulver i volframkarbidpulvret. Man borde ha kommit på detta tidigare, men så är det ju med allt här i världen. Järnet ersattes senare med kobolt, vilket är det vanliga än idag. Krupp köpte patenten av Osram. På Leipzig-mässan 1926 demonstrerades hårdmetall för första gången inför offentligheten i form av verktyg för skärande bearbetning. Krupp kallade materialet Widia (wie Diamant). Hårdmetall kom till USA efter 1926, då Krupp gjorde en överenskommelse med General Electric, som startade tillverkning genom sitt dotterbolag Carboloy. Det finns en svårkontrollerad uppgift om att den tunga artilleripjäsen Tjocka Berta, tillverkad av tyskarna under första världskriget, hade bearbetats med hårdmetallverktyg. Det kan också ha varit den tidigare nämnda föregångaren (med järn i bindefasen).

Det gjordes också insatser på flera andra områden inom pulvermetallurgin, som ligger oss varmare om hjärtat, men det kommer att berättas i kommande avsnitt.

*

När började egentliga den moderna pulvermetallurgin? Det anses ha skett den 17 maj 1910 när W D Coolidge presenterade sitt klassiska föredrag om duktilt volfram vid American Institute of Electrical Engineers. Åtminstone om man får tro Paul Schwarzkopf i ett anförande 50 år senare. Det var återfödelsen av ”modern” PM eftersom vi redan har hört berättelsen om Matakam och andra föregångare. Coolidge lade grunden för den kommersiella glödlampstillverkningen. Han reducerade mycket finkornig WO_3 med vätgas. Efter förkompaktering sintrades vid $1200^\circ C$ för att ge tillräcklig grönstyrka, så att de kunde anslutas till kontakter. Genom dessa passerar strömmen som ger den slutliga sintringen vid $3000^\circ C$. Åtskilligt mera kan sägas om de refraktära metallernas utveckling (vi återkommer till dem senare), men här gäller det nu järnpulver.

1910 eller ej, året innan inträffade två händelser som har större betydelse för oss. Dels patenterade Sieurin sin svampprocess, mer om detta senare, dels kom en annan svensk, Victor Na-poleon Löwendahl, att den 21 september 1909 få sitt patent utfärdat för den första elborsten med metallinblandning i grafit. Han utvecklade sin unika produkt i det år 1877 grundade egna företaget AB Dynamoborsten (nu Carbex) i Vadstena. Visserligen hade Osann omkring 1830 arbetat med sintrade kopparkomponenter och ett patent på självsmörjande lager inlämnats i USA 1870, men Löwendahls koncept innebar genombrottet för vad som skulle komma att bli PM-järnpulver, även om det i början endast var koppar, tenn och grafit.

Coolidge och hans 20 forskarkolleger plus assistenter vid General Electric lyckades efter ett systematiskt arbete 1916 få fram ett poröst metallager, som kunde impregneras med smörjolja och användas underhållsfritt i rörliga delar. Emellertid var lagren begränsade till lågpåkända applikationer. Henry Williams vid General Motors producerade 1921 bronspulver för porösa lager. Hos Chrysler, Amplex Division, utvecklade Langhammer självsmörjande bronslager med en så hög hållfasthet att de även klarade höga påkänningar och bilindustrin blev snart den ledande avnämaren för PM-detalyer. Moraine Products och Bound Brook Oil-less började tidigt produktion. Det första bronslagret i en bil inmonterades 1927. Den impregnerade oljemängden kunde vara ända upp till 35 % av lagrets volym. Man började nu se över möjligheterna att tillverka andra delar än lager. Earl Patch vid Moraine Products var 1924 på besök hos tvättmaskintillverkaren Maytag Co och fick med sig en order på 5000 lager. Det blev senare en mycket stor applikation. Det gick inte så snabbt i början; den enorma fördelen som smörjningen gav lagren fanns ju inte för övriga PM-detalyer. Man blev heller inte först med järn-pulver...

*

Redan 1890 hade en karbonyljärnprocess utvecklats i London av Ludwig Mond (och samtidigt i Paris av Berthollet), men den fick vänta på kommersiellt genombrott ända till 1920-talet. Axel Estelle, en svensk ingenjör verksam i Tyskland, föreslog 1915 en metod för tillverkning av elektrolytjärnpulver. Detta kom några år senare till användning som kärnor i högfrekvens-spolar. Pulvret pressades tillsammans med ett organiskt bindemedel, som samtidigt var isolerande; någon sintring skedde inte. Man övergick senare till karbonyljärn, vilket ännu används för liknande applikationer. Det anses att den här användningen var den första industriella för järnpulver. Det möjliggjorde den enorma utvecklingen på telekommunikationsområdet (radio, telefon m m). Omkring 1927 introducerade Polydoroff HF-kärnor gjorda av vätgasreducerat järnpulver. Vogt, senare stor kund hos Höganäs, lämnade stora bidrag inom radiotekniken 1930, där han använde järnpulver, men ovisst av vilket ursprung. Flera metoder för järnpulverframställning såg dagens ljus vid den här tiden; mer om detta senare.

Den förste som arbetade vetenskapligt med järnpulvermetallurgi var F Sauerwald på 1920-talet i Tyskland. Han experimenterade med Ferrum och elektrolytpulver. Ungefär samtidigt utvecklades järnkarbonyl, $\text{Fe}(\text{CO})_5$, av I G Farbenindustri AG som oktanhöjande tillsats i bilbensin (antiknackningsmedel). En annan tysk, Schlecht, utvecklade 1925 en teknik för termisk sönderdelning av $\text{Fe}(\text{CO})_5$ vid 260-280°C till kolmonoxid och fint järnpulver. Reduktion i vätgas vid 350°C resulterade i ett synnerligen rent pulver av regelbundna, sfäriska partiklar med "lökstruktur" med diameter från några bråkdels μm till flera μm . 1927 öppnade IG Farben en fullskaleanläggning i Oppau, den första för järnpulver i världen. Råmaterialet var i början järnsvamp från Höganäs, sedan ersattes denna med pyrit (skärsten). BASF startade också en fabrik för karbonyljärnpulver i Ludwigshafen.

Om nu modern PM kom igång omkring 1910, så hur var det med forskningens status på den tiden? Coolidge har redan nämnts. Guertler föreslog 1912 att metodiken för refraktära metallpulver skulle överföras till andra metaller. Sauerwald lade grunden till sintringsteorin 1922, Hevesy presenterade sina självdiffusionsdata något tidigare. Andra, såsom Trzebiatowski och Balshin, tog vid. Forskarna vid I G Farben ledde undersökningarna på järnpulver. Man kan väl säga att forskningen före 1930 var nästan helt inriktad på de refraktära materialen; de kunde ju endast framställas pulvermetallurgiskt.

Höganäs' järnsvampprocess

Det är nu dags att introducera Höganäs, som faktiskt i hastigheten omnämns som råmaterialleverantör för karbonyljärn. Vi hade kommit fram till 1930 för järnpulvret och då debuterade Höganäs, men ovetandes! Vi återkommer till den historien.

Frågan om järntillverkning i Höganäs är lika gammal som bolaget, d v s ungefär 200 år. Bakgrunden är enkel. Företaget startade som stenkolsverk 1797. Stenkolen bröts i tre kvaliteter: Nr 1, 2 och 3. Endast Nr 1 var god nog att säljas externt, de övriga måste användas lokalt. Det skedde vid bostadsuppvärmning och matlagning, men det mesta utnyttjades för ångmaskin-driften. Eric Ruuth, bolagets grundare, hade också ett gjuteri och en lerkärlsfabrik i Helsingborg redan i slutet av 1700-talet, till vilka en hel del kol och lera gick från Höganäs. Denna industri var för övrigt vår första kund och tillika leverantör (verkstadsarbeten). År 1806 före-låg planer att i Höganäs anlägga ett knipp- och spikhammarverk, dock realiserades inte dessa.

Den 11 augusti 1813 höll Eric Ruuth sitt berömda tal inför Kungliga Vetenskapsakademien, där han bl a yttrade: "Alla slags fabriker och manufacturer, som kunna drivas med Ångmaskiner, skulle vid Höganäs finna det mest passande ställe...der man har nog patriotisk industrie att begagna en ömning och således icke dyr tillgång på ett så kraftigt bränsle till anläggningar af Jerngjuterier, Jern- och Stål-Manufacturer, Valsverk för Plåtar, Glasbruk, Gevärs-, Porcellains- och Lerkärlsfabriker m fl. Till de sednares behof finnas äfven alltid eldfasta leror i stenkolsflötsens granskap, hvilket således ger tillfälle till ännu större vinst för den nyttiga verksamheten." Hur sannspådd blev han inte!

Det riktigt stora steget för råvaruanvändningen togs 1825, då fabrikationen av eldfasta tegel började i Höganäs. Några år senare startade taktegel tillverkning och efter ännu några år bly- och saltglaserat stengods. Konsumtionen av framför allt stenkol Nr 2, som fanns i stort överskott, blev avsevärd för torkning och bränning av tegel och lerkrus förutom bränsle till mas-kindriften. Dessutom utnyttjades ju leran, som togs upp ur jorden samtidigt med kolen.

Bolaget, som hittills haft en ganska bräcklig ekonomi, kom ordentligt på fötter och kunde utvidga verksamheten.

Det dröjer därpå ända till 1877 innan en eventuell järnframställning tas upp inom företaget igen. Styrelsen diskuterade ett förslag uppgjort av dåvarande VD Julius Frosell och presenterat vid styrelsemöte följande år. Ett särskilt bolag skulle bildas för förädling av tackjärn för att få avsättning för sekunda kol och eldfasta produkter. Idén vann inte styrelsens gillande, bl a därför att man inte ansåg sig böra utsträcka verksamheten till ett så nytt område. Det rörde sig här inte om järnsvamp, som ännu inte var på modet, utan någon av götstålsprocesserna, förmodligen martinmetoden. För övrigt hade bolaget utomordentliga kontakter med branschen; järn- och stålverken var ju de främsta kunderna. Och lagret av kol Nr 2 bara växte och växte. Tack vare den ökande rörtillverkningen kunde kolöverskottet hållas något så när på en rimlig nivå.

*

I Luleå arbetade Johan Gustaf Gröndal med anrikningsmetoder (malning, magnetseparering, flotation), brikettering och reduktion av järnmalmer. Han levde mellan 1859 och 1932, studerade vid Bergsskolan i Falun, arbetade vid metallverk i Ryssland i 20 år och återvände till Sverige år 1900. Gift 1884 med Franziska Trüstedt. ”Gröndal var anspråkslös och rättfram med ovanlig personlig charm; hans enda hobby var att bygga och låta bygga. Han hade en ljus, befriande humor, var ständigt optimist och bevarade livet igenom sitt ungdomliga lynne.” Han blev fil dr i Uppsala 1907 och samma år presenterades hans metod att tillverka järnsvamp från briketterad slig genom gasreduktion. Var kunde han experimentera?

Från styrelsemöte den 18 september 1907 för Höganäs-Billesholms AB görs följande utdrag: ”Beslut att uppvakta statsministern (amiral Arvid Lindman) för att utverka Statens bemedling till erhållande norrländsk järnmalm på billiga villkor i och för exploatering av den Gröndalska järnförädlingsmetoden. Förslag bl a om experiment med den Gröndalska metoden. Beslut att fortsätta förhandlingar med Luleå Jernverks AB och Metallurgiska AB. Beslut att nedfrakta slig till Höganäs från Luleå. Uttalande om det ekonomiskt riktiga i att järnmalmen transporteras till koldistriktet, som ligger på vägen till den färdiga varans exporterande. Förslag att förvärva Ruotavaara malmfält.” Man betonade att koluppfordringen vid bolaget nu är betydligt större än 1878 samt att nya fält med nästan obegränsade järnmalmstillgångar uppsökts och tagits i drift.

Avtal träffades med Prof Odelstierna, KTH, om att denne skulle ställa all sin erfarenhet om järntillverkning till bolagets disposition. Troligen var Odelstierna spindeln i kontaktnätet. Erik G:son Odelstierna (1853-1933) tog examen på KTH 1876. Talrika studier utomlands. Lärare vid Filipstads bergsskola 1892-97, lärare och föreståndare vid Falu bergsskola 1897-1904. . Professor vid Bergshögskolan, KTH 1904-18. Utgav sin berömda lärobok i Järnets Metallurgi 1912. Gift 1886 med Ellen Rinman. Ett omdöme: ”Odelstiernas insatser som lärare var minst lika betydelsefulla som hans praktiska gärning. Hans kunnighet, erfarenhet och hängivenhet för sitt kall gjorde honom till en utmärkt lärare med en livlig och personlig framställning som aldrig enbart berörde processernas teori och praktik utan även männen bakom verket. Ungdomligt sinnelag och intresse för ungdomen gjorde honom omtyckt. I sitt betänkande över den högre bergsundervisningen avvisar han fria akademiska studier och hävdar att verkligheten kräver praktiskt vetande och att teknologer skall vänjas vid reglerat ordentligt arbete.”

1908 byggdes en kanalugn i närheten av Långaröds tegelbruk, på ett industriområde söder om Höganäs' kyrkogård. Enligt Gröndals idé skulle sligbriketterna staplas på vagnar utan hjul och

skjutas in i ugnen på fasta rullande valsar. Projektet visade sig emellertid inte genomförbart och ugnen kom aldrig i drift. En ny reduceringsugn uppfördes med gasgenerator enligt Gröndals förslag. Processen fungerade inte eftersom gasens halt av koldioxid var alldeles för hög. Redan detta år hade enligt uppgift en ingenjör Hartvigsson i Luleå gjort lyckade försök med direkt reduktion, d v s slig i kontakt med kol. Han packade in slig och kol skiktvis i en tegellåda. Han lät dock idén senare förfalla.

*

1909 stoppade styrelsen tills vidare allt arbete med den Gröndalska metoden enär denne förberett en annan process. Ingenjör Sieurin och dr Forsell började göra egna reduktionsprov, först med slig och kol intimt blandade, sedan packade i skikt. Försöken genomfördes i fabrik VIII. Man erhöll en svamp som ej var pyroforisk och som lät utsmida sig med försiktighet. Nu låter vi Sieurin själv berätta: ”Alla dessa tidigare försök gån dock en produkt med mycket hög svafvelhalt, då de använde kolen (Höganäs Nr 2) hålla cirka 0.7 % svafvel. Efter en massa försök att hindra svafvlet att medfölja i de reducerande gaserna, visade det sig att en relativt ringa tillsats af kalk, antingen intimt inblandadt i kolet, eller i lager mellan kolet och sligen hade en god verkan i detta afseende. Dessa första försök gjordes gifvetvis i mycket liten skala, men sågo resultatet så lofvande ut, att ett större reduktionsförsök planerades. Detta var just vid tiden för storstrejken. En af våra större Mendheimugnar (en konstruktion av Georg Mendheim, anställd från 1874 vid bolaget) var ställd ur drift, och i en kammare i denna inmurades tegelkanaler, hvilka beskickades lagervis med kolpulfver och malmslig på så sätt att förbränningsgaserna endast kunde få tillträde till kanalernas yttersidor. Härigenom erhöles vi ett parti järnsvamp, med hvilken kvantitet praktiska prof sedermera utfördes.”

Den enda applikation man hade i åtanke på den tiden för järnsvampen var som smältråvara för den snabbt växande svenska specialstålindustrin. Men låt oss lyssna till ett annat ögonvittne när den allra första ”riktiga” svampkakan togs ut. Fritz Lindberg besöker Höganäs 1963 efter 41 år i USA. Han hade från pojkkåren varit anställd vid Höganäsbolaget och hans far August var förman i fabrik V, där försöksbränningarna pågick. Pojken Fritz brukade ofta få följa med fadern till fabriken om söndagarna och det var vid ett sådant besök han som 8-9-åring var med vid det historiska ögonblick, då de första järnsvampkakorna hade bakats i ”femman”. Intervjun gjordes av barndomsvännen Ragnar Engberg på Brännpunkten.

Emil Sieurin var född i Falun 1877, där hans far Emanuel var konstmästare vid koppargruvan. Efter att år 1899 ha avlagt civilingenjörsexamen vid kemilinjen på KTH, kom Emil till Höganäs, där han fick ta hand om det nyinrättade labbet i Tre Kronor. Järnsvampen var endast en parentes för Sieurin; hans huvudsakliga arbete låg på det eldfasta området. En biografi och mycket annat finns i ”Från Stenkol och Lera till Järnpulver”.

*

Det kan här vara på sin plats att se lite grann tillbaka på järnsvamp efter att den dog ut i västvärlden vid medeltidens slut. Med svamp förstås att reduktionen sker vid en temperatur under metallens smältpunkt. Intresset för de direkta framställningsmetoderna ökade starkt under 1800-talet. Enbart i England uttogs mellan 1855 och 1905 på sådana förfaranden hela 284 patent! I de flesta fall var svampen bara en glödande mellanprodukt, som omedelbart vidarebearbetades. Höganäsprocessen tillhör inte denna grupp. Fram till 1900-talet fanns endast två liknande processer, nämligen Chenot's och Blair's. Låt Chenot stå som exempel. En blandning av krossad malm och träkol inmatades i vertikala chamotteretorter, som upphettades utvändigt med billigare bränslesorter. Retorterna var nedtill förlängda medelst särskilda avkylningsrum, för att innan uttagandet nedbringa svampens temperatur så långt, att

ej återoxidation ägde rum. Chenot började redan 1823 och redovisade sina resultat vid världsutställningarna i London 1851 och Paris 1855 (erhöll där stora guldmedaljen). Hans process var dock för länge sedan övergiven när Sieurin utarbetade sin metod.

Chenot är emellertid mera intressant än så. Han hittade andra applikationer för järnsvampen än vidarebearbetning till stål. Han framställde ett utomordentligt gatubeläggingsmaterial genom att blanda 7 hl grov sand, 1 hl fin sand, 2 hl gips, 3 hl pulveriserad järnsvamp (900 kg) samt 12 kg ammoniak. Detta utrördes med vatten till lagom konsistens och då erhöles 1 kbm färdig massiv cement, som tack vare järnsvampens sammanrostning fick en mycket god hållfasthet. Han påpekade också att man kan framställa väte genom att leda vattenånga över glödande järnsvamp. Vidare använde han den som syreabsorbator för luften i sädesmagasin. Enligt en uppgift använde ett apotek i Lyon ej mindre än 600 kg järnsvamp om året för tillverkning av medicinska preparat, särskilt för impregnering av ett slags bindor för renbränning av sår. Här kom svampens pyrofora egenskaper till sin rätt. Enligt litteraturen skulle den magnetiska separatorn ha uppfunnits i Amerika omkring 1875, men i en fransk uppsats från 1859 finns en bild av en av Chenot konstruerad magnetseparator. Han använde den samt siktning och luftseparation för att rena järnsvampen från kolrester. Chenot hade till och med en briketteringspress, där han komprimerade svampens volym till $\frac{2}{3}$ för att lättare möjliggöra dess nedsmältning i degel. Tyvärr omkom denne geniale ingenjör år 1855 genom fall från ett fönster!

*

De direkta metoderna torde ha stupat på att inte tillräckligt högprocentiga malmer använts, att ej nog ekonomiska ugnar stått tekniken till förfogande, samt att alla dessa metoder fordrat ett rent och sålunda dyrbart reduktionskol. Varför lyckades man i Höganäs när ingen annan i världen gjort det? En mängd faktorer samverkade:

- I. Tillgång på billigt kol av tillräckligt bra kvalitet.
- II. Tillgång på högvärdig järnmalm inom landet.
- III. Goda experimentella resurser.
- IV. En lämplig ugnskonstruktion och lång erfarenhet från eldfast tillverkning.
- V. En intresserad styrelse, villig att satsa pengar.
- VI. En entreprenör och tillika skicklig ingenjör (Sieurin).
- VII. En smula tur (Gröndal och Odelstierna-och strejken vid rätt tidpunkt).
- VIII. Lämpliga kunder (specialstål) inom räckhåll.
- IX. En traditionell vilja att tillverka järn vid bolaget.

Säkert fanns ytterligare faktorer med i bilden.

Den 16 maj 1909 fick Sieurin patent (nr 31079) i Sverige med titeln "Sätt att framställa metaller, jämte på sådant sätt framställd produkt". Ur innehållet: "Askrika kol kunna med fördel användas för reduktionen, emedan askan icke förenar sig med metallen. Med hittills använda metoder ha det icke varit möjligt att använda askrika kol för järnreduktion. Denna metod erbjuder därför stora ekonomiska fördelar framför hittills kända, på grund af att sådana askrika kol betinga lågt pris och hittills funnit ringa användning." Patentanspråk: "1:o Sätt att framställa metaller, kännetecknadt däraf, att malm i form af briketter eller stycken eller pulverskikt inbäddas i ett reduktionsmedel i fast form och utan tillförsel af luft eller andra gaser upphettas till en sådan temperatur, att reduktion äger rum, utan att smältning inträder, samt att den utreducerade metallen efter processens slut och beskickningens afsvalnande på fysikalisk väg skiljes från återstoden af reduktionsmedlet. 2:o Vid det i patentanspråket 1:o angifna förfarandet den utreducerade metallens afskiljande utföres på mekaniskt sätt, såsom genom skrädning, siktning, luftseparering e t c (magnetseparering nämns i texten). 3:o Produkt, framställd i en-

lighet med i patentanspråken 1:o och 2:o angifna förfaringssätt.” Patentet offentliggjordes den 1 juli 1911.

Sieurin såg sig senare föranlåten att utge en form av försvarsskrift beträffande patentet. Tydligt har ett missförstånd uppstått angående Gröndals eventuella medverkan i uppfinningen. Sieurin hävdar bestämt att Gröndal inte hade någon som helst del i patentet och heller inte gjort några anspråk på detta (inte konstigt, eftersom Gröndal var en ganska försynt människa). Man måste nog ändå hävda att, även om Sieurin uppfann Höganäsprocessen, så hade det inte skett utan Gröndals uppträdande på scenen.

*

Hur såg den företagsledning ut som hade sådana framtidsvisioner? Styrelsens ordförande var f d landshövdingen Gustaf Tornérhjelm på Vrams Gunnarstorp. Han hade nyss ersatt general Gustaf Peyron som ordförande, denne hade stor del i järnsvampen. VD var sedan 1890 den legendariske kapten Åke Nordenfelt. Övriga styrelseledamöter var konsulerna Oscar Trapp och Oscar Flensburg, friherrarna Werner von Schwerin och Johan Gyllenstierna, bankdirektörerna Carl Cervin och David Aronowitsch, direktörerna Victor Schwartz och Franz Daumann, grosshandlare E Engvall samt kapten G A Oldberg.

*

1910 byggdes en ringugn i dåvarande fabrik IX. Driften där kom att pågå i två år, tills det nya järnverket var färdigställt. Man får betrakta ringugnen som en pilot plant i ganska stor skala. Kraven på anläggningen skulle vara:

1. En ugn av känd konstruktion och känt arbetssätt skulle användas.
2. Kapslar skulle användas istället för kanaler (som tidigare) för reduktionen därför att de då kunde ha en lägre temperatur.
3. Om försöken skulle misslyckas kunde anläggningen istället användas för bränning av eldfasta tegel.
4. Transportsystemet skulle tills vidare vara det för lerfabrikationen vanliga med traversvagnar och spårssystem.

Reduktionsprocessen utfördes på så sätt att lager av slig och kolpulver upphettades i slutna kapslar tills reduktionen avslutats, varefter beskickningen uttogs sedan den avsvannat. Svavlet, bundet av kalk, avlägsnades med askan. Man använde Höganäs' kol Nr 2 med 35 % aska och ett värmevärde av 4000 v. e. (kcal/kg).

För att utröna reaktionsförloppet monterades två le Chatelier's pyrometrar i en kapsel, den ena med kontaktstället i sligen, den andra i kolet. Utanför kapseln anbringades ännu en pyrometer. Resultaten framgår av diagram. Sligen var anrikad Gellivare malm innehållande ca 71 % järn. Försöken gjordes i en särskild ugn och är inte helt representativa för verklig drift. Sieurin jämförde nu försöksresultatet med den grafiska framställning som gjorts av Baur, Glaessner och Boudouard och drog viktiga slutledningar för reaktionsförloppet hos Höganäsprocessen. Provmältningar av järnsvampen utfördes under 1910 vid Lesjöfors, Sandviken och Surahammar. Svamp tillverkad av Gellivare varpmalm, anrikad i Luleå till en slig med 71 à 71.5 % Fe, 0.01 % P och 0.002 % S gav nedanstående sammansättning:

Fe (met.)	96.5 %
FeO	1.6
S	0.02
P	0.013
Al ₂ O ₃	0.52

SiO ₂	1.18
MgO	spår
CaO	0.15
MnO	spår

Svampens volymvikt var 2-2.5 g/cc och innehöll 70 % porer. Detta är ju en olägenhet vid smältning och man förberedde redan nu en sammanpressning (brikettering) till 4-4.5 g/cc. Erfarenheter fanns från briketterinsförsök med kol. Även briketterna måste dock lagras och transporteras under tak.

Smältförsök utfördes i martinugn, lancashirehärd och degelugn. Stålkvaliteten blev hög och jämn, men avbrännan naturligtvis större än med skrot. Svampbriketter, ej större än 50 mm i någon dimension, provades också. Dessa lämpar sig särskilt bra för elektriska ugnar såsom ljusbågs- och induktionsugnar. Vi ska inte gå in mera i detalj på smältförsöken, eftersom det är järnpulvret och dess råmaterial som intresserar oss mest.

1911 började den nya järnsvampanläggningen att uppföras strax bredvid ringugnen i fabrik IX. Det är förvirrande med alla dessa fabriker och byggnader. I "Från Stenkol och Lera..." finns under år 1923 en karta som klarar ut begreppen. Den första malmbåten anlöpte Höganäs med slig från Luleå. Nya svampverket, i folkmun järnverket, visas i en bildserie. På hösten 1912 invigdes svampverket och även en anrikningsanläggning. En synnerligen roande artikel i Öresundsposten den 23 november berättar om händelsen och dödförklarar masugnen (något för tidigt, som vi ju vet nu). Reportern avslutar (i Eric Ruuths anda): "Den väldiga industristad, som kallas Höganäs, och som inalles räknar åtskilligt över 6000 personer, har genom dessa nytillkomna inrättningar erhållit ett betydligt plus. Naturligtvis kommer det ju inte att stanna med detta, utan i händelse de nya verken visa sig räntabla, utvidgas verksamheten till fromma ej allenast för Höganäs utan för hela vårt land, där man väl omsider en dag icke skall sända malmen....med utlandets smedjor som mål och köpas för dubbelt igen!"

I början togs alltså sligen från Luleå, men när anrikningsverket var färdigt i Höganäs övergick man till varpmalm med 40 % järn, som icke var säljbar utan anrikning. Det egentliga skälet till att anrikningsverket byggdes här nere torde ha varit att malmbolaget ej ville ha det i Norrland. Verket bestod av grovkross, 2 kulkvarnar och 8 förseparatorer. Sligen gick därefter på rörkvarnar och 4 efterseparatorer, vilka bestod av långa band med ovanför desamma placerade magneter. 4 skakskopor fanns för avvattning. Resultat: Fe 71.2-71.5 %. Anrikningsverket nedlades 1918, mest beroende på att det under kriget var svårt att få ner malm och att frakterna blev för dyra. Sligen köptes sedan från Luleå och sedermera från anrikningsverket vid Gällivare.

Den nya svampugnen, gropugnen, 80 meter lång, ses i genomskärning. 1 är bränslekanaler, 2 är rökkanaler, 3 rökuttag för ugnsgaserna, 4 är intagsöppningar för gasen och observationshål. Schematiskt beskickas ugnen enligt följande: 1 är insättnings-, 2 är tömnings-, 3 är förvärmnings-, 4 är brännings- och 5 är avkylningsavdelningen. Genom pappspjäll 6 hindras luften från insättningsavdelningen att inkomma i ugnen, och rökgaserna tvingas att genom utdraget 7, vars rökventil är öppen, gå till skorstenen. Vid avkylningsavdelningen är särskilda anordningar vidtagna för att uttaga en del av den varma luften för torkningsändamål.

Bränningen gick till på följande sätt: "Luften inkommer genom tömningsavdelningen, avkyler kapslarna och uppvärms i motsvarande grad tills den i slutet av brännzonen påträffar gas, dels

från kapslarna, dels från gaspiporna tillförd generatorgas. Förbränningsgaserna, som fortfarande håller luft i överskott, går nu vidare och förvärmer kapslarna i insättningsavdelningen, under det att allt mer av det kvarvarandet syret förtärs av de från kapslarna utströmmande tjärgaserna, och avledes slutligen genom skorstenen. Härvid är rökgaserna 150 à 200°C och innehåller högst ett par procent fritt syre. I enlighet med ringugnens princip nyttiggör man sig sålunda det brända godsets latent värme för att därmed uppvärma förbränningsluften, och rökgaserna förvärmer det gods, som ska brännas. OBS att i gropugnen stod kapslarna stilla och brännzonen rörde sig, medan det i tunnelugnarna är tvärtom.

Höganäsbolaget hade här en process som utnyttjade eget kol för att reducera järnmalmen (som visserligen kom från Lappland), eget kol för uppvärmning av ugnen, eget eldfast tegel till ugnen samt egen chamottelera till kapslarna. Kalken kom dock utifrån (Ignaberga). Idag kommer endast kapslarna från Höganäs (gjorda av norsk kiselkarbid).

*

Verket kom igång på allvar under våren 1913. Följande år utgavs den första metallurgiska broschyren. Den anger kemisk sammansättning på svampen, volymvikt och dimensioner, runda kakor med ca 270 mm diameter och 50 à 60 mm tjocka. Resultat från smältning i martin-, elektrostål- och Lancashireugnar visas. Man berättar också att svampbriketter med specifik vikt 5 finns att tillgå. Det är alltså redan här klart att produkten snabbt marknadsanpassats.

Under första världskriget, troligen 1916, såldes en svamplicens till Japan. Det var företaget Nippon Kokan som köpte den och anläggningen låg i Manchuriet. Vi vet inte hur den utnyttjades, men enligt uppgift fungerade den bra. Driften avbröts på grund av att lämplig malm inte fanns att tillgå i önskad omfattning. En tid därefter totalförstördes anläggningen vid en jordbävning.

Vidare fram till 1930

Sieurin började först packa med ett kalkskikt omkring sligkakan, men snart visade det sig att man uppnådde samma eller bättre resultat med att blanda in kalken i kolet. Någon verkligt garanterad kvalitet på svampen erhöles icke förrän omkring 1925, då överingenjör Tuschoff gjorde en serie experiment i rundugn. Hans försök visade:

- 1) Reducerande atmosfär ger lägre svavelhalt.
- 2) Lägre temperatur ger mer kol kvar i kapseln och därmed lägre svavelhalt.
- 3) Koks ger gynnsammare halter av svavel och järn i svampen än kol. Ju högre glödförlust i blandningen efter bränningen desto bättre.
- 4) Rundugnen ger bättre resultat än den vanliga ugnen (gropugnen) beroende på kortare eftervärme och lägre kolavbränna.

Försöken visade alltså att kvaliteten huvudsakligast var en fråga om mängd kol i kapseln. Följden av detta blev användning av koks och antracit istället för egna kol. Men ugnsgaserna kom fortfarande från egna kol.

En annan viktig förändring vid samma tid var att brännzonen gjordes längre så att inte hastiga upp- och nedkylningar behövdes. Före 1925 kördes med endast 4 rör och svårigheter fanns därför ofta att tända det främsta röret, därför att förvärmningen var för svag. Genom kraftig gastillförsel måste temperaturen pressas upp till maximum. Antalet rör ökades sedan

successivt så att man till slut använde 8 stycken. Senare började man även att sätta kapslarna något glesare i ugnen, varigenom värmen lättare gick fram, vilket var till fördel för en mjuk temperaturkurva. Gastillförseln skedde förut med 5 nedtag över ugnens bredd. Nedtagens antal minskades så småningom även så att det till slut bara var 2 stycken.

Ernst Tuschoff var född 1878 i närheten av Stettin. Han kom 1921 till Höganäsbolaget som ugnsexpert och utnämndes 1930 till överingenjör för koncernens samtliga fabriker i Höganäs, Bjuv, Skromberga och Hyllinge. Han rationaliserade ugnsdriften inom hela företaget, införde drifts- och kvalitetskontroll samt tunnelugnar (för eldfasta tillverkningen). Han var bosatt i Hultabogården, vars trädgård ännu finns att beskåda. Pensionerades 1945, men kvarstod som konsult under lång tid. Tuschoff flyttade till Jonstorp och pendlade till jobbet i elbil. Han gick ur tiden 1967.

Det fanns tre svampkvaliteter: A, B och C. B rationaliserades bort. För A-svampen garanterades 96.5-97.5 % Fe och max 0.011 % S. C-svampen hade höga halter av syre, kol och svavel. Den var blåfärgad av anlöpning, men passade utmärkt till smältändamål (i basiska ugnar) utom i induktionsugnar och Lancashirehårdar.

Driftsingenjörer vid verket var Fredrik Carlsson 1910-18, Sigurd Edlund 1918-24, Hjalmar Dalén 1924-27 (inga kända data), Bertil Lundström 1927-31 (född 1899, bergsingenjör, arbetade först några år vid amerikanska järnverk). Under hela denna tid var August Lindberg arbetsledare (fogde). Han levde mellan 1874 och 1938. Bergsingenjör Fredrik Carlsson, född 1886 i Haparanda, examen från KTH 1908, var en tid anställd i Luleå och därmed något extra förtrogen med järnmalm. Sigurd Edlund var född i Stockholm 1881 och blev bergsingenjör vid KTH 1903. Efter studieresor utomlands anställdes han vid Metallurgiska Patent AB. Även Edlund var en tid i Luleå innan han 1912 kom till Höganäs. Han arbetade även vid elektrod-fabrikerna och i den eldfasta tillverkningen. Han pensionerades 1948.

*

Produktionen under åren 1911-45 har rätt noga följt järnverkens allmänna konjunkturläge. Under första världskriget visar produktionskurvan ett maximum och under efterkrigstiden 1921-25 ett minimum. År 1931 var det kris; svampverket stod helt stilla.

Leveranser av järnsvamp till USA hade pågått under del år (Sieurin nämner 1926 att man skickar svampkakor i särskilda förpackningar för att slippa erlægga full tullavgift) när en stororder om 2000 ton kom 1930. Det var bolagets amerikanske agent, Nils Tholand, vid firman Ekstrand & Tholand i New York. (Ekstrand kom sedan till Garphyttan) som arrangerat denna affär. Beställaren var Roebing Steel, som behövde en mycket ren råvara för tillverkning av stålklarna till George Washingtonbron i New York. Som av en händelse ligger detta stålverk alldeles i närheten av Riverton. Tholand var ombud även för Garphytte Bruk, som tillverkade utomordentligt bra lintrådar. De använde Höganässvamp vid stålframställningen. Genom leveransen fick Tholand, och därmed Höganäs, ett gott rykte i USA. Det skulle snart leda till en annan applikation för vår svamp – nämligen järnpulver.

Tholand kom att spela en avgörande roll för bolagets framtida inriktning. En biografi är därför på sin plats. Den presenteras på engelska i det skick den kom från USA: "Nils was born on the 8 th of October 1898 in Göteborg. He graduated from Chalmers in 1922 as Civilingenjör and moved to Germany to work for his uncle for two years during the worst inflation. His uncle paid his fare to the US and Nils ended up in Galveston, Texas, in 1924 with only \$ 48 in his

pocket. From there he worked his way, first to St Louis and then to Chicago where he worked for Ford helping to set up a production line. In 1933 or 1934 he moved to NY City and started representing Garphyttan selling valve spring wire. His firm became Ekstrand and Tholand and I think Ekstrand was VD for Garphyttan and that he and Nils parted their ways, not as friends, but I don't know when. Nils knew Walter P Chrysler, who, according to Nils, had suggested to Nils that with a product like that (valve spring wire), all he needed for success was a 2' x 4' office and a telephone!

Nils was briefly married to Swedish "Skridskoprinsessan" Marianne Hulthén, who unfortunately never made it in Hollywood like her Norwegian counterpart Sonja Henie. After the world exposition in NY City 1939 Nils married Märta von Platen on October 16, 1941. Nils' association with Höganäs ended, I believe, in 1958 at which time he had moved his office to his farm in Virginia, selling Tigertops, the Magnus Tigersköld invented ingot tops and other ingot casting technology. Nils died May 4, 1971. He was 'Kommendör av Wasaorden'. His wife Märta died at 80 in 1995. They are survived by their two sons Jens and Claes, and a daughter."

(Jens Tholand via Ulf Gummeson)

Anm. Enligt Sieurin & Tanner fanns firman i New York redan 1926 enligt reserapport i vårt arkiv!

Allt fram till 1940

Omkring 1930-31 började man hos General Motors (GM) i USA ersätta en del koppar med järnpulver i självmörjande lager och fann att det gick bra. Även tyska företag påbörjade en utveckling i samma riktning. Inledningen var trög, delvis på grund av karbonylpulvrets höga pris. Alternativa järnpulverprocesser var emellertid på gång. Redan 1922 patenterades Hame-tagmetoden av Hartstoff Metall AG i Berlin. Det var maskiner som hackade sönder tråd och spån till ett relativt grovt stålpulver (beskrivning kommer senare). Råjärnsgranulering uppfanns på 30-talet av svenskarna Kalling och Rennerfelt. Smält råjärn med hög kolhalt och 0.4-0.5 % kisel hälldes på skiva som roterade i vatten. De erhållna granulerna avkolades därpå i en roterande ugn. Processen har principiellt stora likheter med hur dagens atomiserade pulver framställs. Den togs upp av Mannesmann under kriget (kommer också senare). Ett tyskt patent på atomisering av järnpulver finns från 1928. Men det mesta har väl blivit patenterat här i världen. Vad som betyder något, är en fungerande process. Att implementera en idé och göra något användbart av den är den svåraste biten. Hundratals svampprocesser fanns på papperet innan Sieurin realiserade en som blev kommersiell.

Apropå Höganäsprocessen, man behövde ett bra, men billigt pulver för att få fart på PM-industrin. I USA påminde man sig svampen från Höganäs som använts som råmaterial till brokablår. Ett parti införskaffades och nedmalades till pulver. Det gav inte lika goda mekaniska egenskaper som med karbonylpulver, men ändå tillräckligt för att gå vidare. Från och med 1930 kan vi säga att Höganäs' järnpulver använts till PM-applikationer. Den första kommersiella tillämpningen för vårt järnpulver var vid utfällning av koppar från kopparsulfatlösningar bildade vid beredningen av kopparoxidsulfidmalmer. Men Sieurin hade (med all säkerhet omedvetet) lyckats inprogrammera en särskild egenskap hos sin svamp; det var, och är alltså, den enda i världen från vilket det går att framställa ett acceptabelt järnpulver för pressändamål

*

I mitten av 1930-talet fanns det i USA 16 processer för metallpulver, av vilka 7 var för järnpulver, bl a karbonyljärn, elektrolytjärn (99.5 % Fe; -100, -200 och -300 mesh), vätgasreducerat (99.9 % Fe), eddy-mill (Hametag) och sönderdelning av gjutjärn medelst varmvalsning. Alla utom den sistnämnda, som inte gav tillräckligt god kvalitet, var alldeles för dyra. Därför kom Höganässvamp att bli det mest populära utgångsmaterialet och från 1935 kunde det alltså framgångsrikt tävla med kopparbaserade lager, även om fortfarande mer än 90 % av materialet var koppar. Tholand hade redan gjort sig ett namn med järnsvampen och fick goda kontakter inom den gryende amerikanska PM-industrin. Från och med 1935 började Höganäs själva göra pulver genom att mala A-svamp (ljusa kakor, hög kvalitet) i kollergång. Den förste personen som fick kännedom om denna för oss nya tillämpning var Ivar Sjöström, försäljningsdirektör. Den förste som tillverkade pulver i Höganäs var hans närmaste man, dåvarande korrespondenten Bertil Wallgren. Det var nämligen så hemligt att inte ens produktionen fick veta något! Enligt en uppgift hade Tholand vid ett besök i Höganäs 1932 fått med sig några burkar järnpulver över till USA. Dessa provades av Chrysler, som fann att pulvret gick att använda, men att verktygsslitaget blev för högt. Det var nödvändigt att få fram ett mjukare pulver. Det är lämpligt att här kort presentera de två herrarna (utöver Tholand) som så att säga introducerade vårt järnpulver på marknaden.

Ivar Sjöström, född i Skåne 1893. Reste 1916 efter gedigen teknisk utbildning utomlands och tillbringade 13 år vid handels- och industriföretag. Försäljningsingenjör på Höganäsbolaget 1929. Lämnade företaget 1945 som direktör då han efterträddes av Viggo Terling. Bildade bolag i Spanien, där han avled 1969. Sjöströms främsta uppgift var den eldfasta marknaden och han var den ledande personen bakom Eldfast Handbok 1937. Bertil Wallgren, född i Göteborg 1902. anställs på bolaget 1932 som korrespondent. Fick alltmer hand om reklam, PR, handböcker m m. Spelade in många filmer om företaget. Anses vara landets främsta reklamänniska genom tiderna och nestor bland redaktörer. Bertil grundade Brännpunkten 1943. Han är i skrivande stund fortfarande i god form, nyss fyllda 100 år!

Det är emellertid inte helt klart vem eller vilka som initierade PM-idén på bolaget. Vi kan utgå från att det var Tholand som kom med det egentliga genombrottet, men andra hade nog funderat i samma banor tidigare. Sieurin uppger att man diskuterat detta under första världskriget, men att marknaden då helt saknades. Per-Egon Gummeson meddelade i en intervju, att man experimenterade med att tillverka starkare och renare briketter och då var inte steget långt till pressade maskindetaljer. Vi vet också att redan 1930 gjordes försök i Höganäs att framställa järnpulver (troligen för kopparutfällning). Man försökte dels blanda slig med koks och dels mala svamp. Enligt dessa tidiga malningsförsök uppnåddes resultat med kulkvarn. Det bör här påpekas, att man då ännu ej hade några krav beträffande pulvrets volymvikt och siktanalys.

*

Briketterad svamp, som presenterades redan i 1914 års broschyr, tycks ha tillverkats i mycket små volymer. I årsrapporten för järnsvamp 1936 anges följande över försåld kvantitet briketterad svamp.

<u>År</u>	<u>Ton</u>	<u>Ökning i % mot 1933</u>
1933	618	0
1934	1865	302
1935	2493	404
1936	3278	520

Detta år 1935 efterträddes Ragnar Blomqvist av Per-Egon Gummeson som VD för Höganäs. Han rekommenderades att lägga ned svamptillverkningen (det var ju innan man visste något

om PM). Per-Egon, framgent förkortad PEG, skriver senare att han på KTH av Professor Erik Odelstierna inympats med en livslång kärlek till metallurgin och inte kunde förmå sig att utan vidare stänga svampprocessen. Ugnen byggdes istället ut från 80 till 100 meter och kapaciteten från 15000 till 23000 ton/år. Anläggningen hade som regel visat förlust varje år, men från 1935 började den ge vinst. Man träffade avtal med några av de större köparna av smältsvamp om stegvis sjunkande pris ju större kvantiteter de köpte. Till exempel fick Sandviken ett erbjudande om 90 kr/ton vid 8000 ton/år, 100 kr/ton för 5000 ton/år och 110 kr/ton för 2500 ton/år. En liknande offert skickades till Bofors. Det viktigaste kvalitetsmålet var svavelhalten. Man visste att det mesta svavlet satt i ytterdelen av svampkakan. I samband med ombyggnaden ändrades chargeringsättet till vertikal packning och en bättre rensning introducerades. Därmed sjönk S-halten och försäljningen steg. En stor insats här gjordes av Eric Persson, som ännu på 1970-talet arbetade på konstruktionskontoret. Sieurin hade enligt kontrakt en bonus på 25 öre/ton såld svamp. Efter diverse förvecklingar och turer köpte nu bolaget ut honom för en engångssumma av 60000 kr (således motsvarande en försäljning av 240000 ton svamp).

Gropugnens botten var från början försedd med fast murade stenar. 1930-31 insattes lösa bottenentegel vilande på eldfast sand, en konstruktion som kom att bibehållas. Härigenom motverkas att botten "kryper". Kapslarna gjordes först kvadratiska, men de blev alltför ömtåliga och man övergick till cirkulär form. En annan viktig förändring var att kapslarna 1931 började göras med skarp bottenkant till skillnad mot förut då de gjordes rundade med följd att det ofta hände att kapslarna sjönk ned i varandra. Kolblandningen gjordes först för hand men 1935 infördes lådmatare, med vars hjälp man på ett band kunde breda ut de olika ingredienserna till rätt proportion. Tömningen av kapslarna skedde för hand på träbänk till 1937 då farbara "vaggor" infördes. Vid denna tidpunkt insattes även en större putstrumma. Svampladan tillkom 1937, innan lagrades svampen i fabrik IX.

*

1937 började också packningsfrågan tas upp på allvar och Weibull i Malmö konsulterades. Överingenjör Edvin Olsson (på bolaget) kom då på att ställa kakorna vertikalt istället för horisontellt som tidigare. Packningen skedde så att man med trämall formade den fuktiga reduktionsblandningen och i hålen hällde ned slig. Då detta var svårt att överföra i stor skala övergick man snart till plåtmall. Inmatningsanordningen för slig och koks förorsakade mycket besvär. Vibrationsmatare enligt Broberg och skakrännor provades. Återvinning av koksen började omkring 1930 med siktning men utan gott resultat. Edlund införde 1935-36 vindseparering, varvid den erforderliga kolmängden kunde återvinnas. 1939 återgick man till siktning.

Processen kördes i början med Höganäs kol Nr 3, då ju den egentliga anledningen till att verket startades var att finna avsättning för lågvärdiga överskottskol. Kolen maldes på kulkvarn, men sedan övergick man till kollergång då man med kulkvarn fick en anrikning av lerpartier. Med den stora askhalten i de egna kolen var det svårt att få in tillräcklig mängd kol i kapslarna. För att få en god svamp är det ju nödvändigt med en stor mängd skyddskol. På 1920-talet påbörjades därför inblandning av antracit och koksstybb med proportion beroende på prisläget. Ca 15-20 % användes. Undan för undan minskades så möjligheterna att få eget kol och till slut bestod blandningen uteslutande av koks, antracit och kalk, men intet eget kol (eldningsgaserna kom dock från egna kol). Höganäskol återinfördes 1939 på grund av krigsläget.

Anrikningsverket, som avställdes 1918, omändrades till smältverk för aluminiumoxid (alumo).

*

Per-Egon Gummeson var född i Borrby 1893. Genomgick Bergshögskolan på KTH 1914-17. Specialstudier om utvinning av volfram och vanadin ur malmer samt avvikelser vid diamantborrning. Som nyutexaminerad bergsingenjör deltog han i borrhingsundersökningar i norra Sverige. Var därpå anställd vid Gruv AB Dalarna och Idkerbergets Gruf AB till och med 1927. Gjorde 1926 en studieresa runt USA för att se på moderna gruvbrytningsmetoder. Kom 1928 som gruvingenjör till Höganäs och fick där genomföra nödvändiga rationaliseringar genom att den manuella kolhuggningen ersattes med förskrämningsmaskiner. Han blev snart överingenjör och 1935 verkställande direktör (koncernchef) till sin avgång 1960. PEG var styrelseledamot i bl a Uddeholm, Finspong, KTH, Klippans Pappersbruk, SSA, SAF och Göte-borgs Bank. Under kriget och långt därefter medlem i kommissionen för krigsmaterielproduktion. Höganäs' stadsvapen är ritat av PEG 1936. Han gjorde utomordentliga insatser för järnpulver, men också för andra verksamhetsgrenar (vidare om detta i koncernhistoriken). Han fick sommaren 1976 Metal Powders Industries förnämsta utmärkelse för sina pionjärinsatser inom pulvermetallurgin. Per-Egon avled 29/8 1985, 92 år gammal.

*

Järnsvampproduktionen vid Höganäs 1911-39 framgår av diagrammet (se Eketorp 1945). Leveranserna av järnpulver fördelade sig enligt nedanstående:

<u>År</u>	<u>1935</u>	<u>1936</u>	<u>1937</u>	<u>1938</u>	<u>1939</u>	
USA	6	90	200	79	155	ton
England	0	0	0	104	376	ton

Nedgången i USA efter 1937 beror främst på att amerikanerna istället köpte svamp och malde själva till pulver (enligt Langhammer halstrade Chrysler järnpulver från Höganäs eftersom det bara fanns en källa). Det kan ha orsakats av rostproblem vid transport av järnpulvret eller oönskade pulvereigenschaften. Andra kunder som själva tillverkade pulver av vår svamp var I G Farben (1400 ton 1938 och 1300 ton 1939), Wingetac, Vogt, Dunstan & Wragg och Brandus Metallochemische Gesellschaft (200 ton/år). Sammanlagda försäljningen av vanlig järnsvamp till sådana kunder var:

<u>År</u>	<u>1935</u>	<u>1936</u>	<u>1937</u>	<u>1938</u>	<u>1939</u>
Ton	709	972	1249	1766	1713

En inblick i svampverket på 1930-talet får vi genom årsrapporten 1933. Några utdrag: ”Cyklonen för avskiljandet av stoft ur den från tömningen och putsmaskineriet bortsugna luften, vilken är byggd av alldeles för tunn plåt, har under höstens frost genom isbildning på insidan betydligt deformerats, och densamma har måst stöttas upp med en träställning. Till förhindrande av isbildning har en ångledning framdragits och inblåses nu ånga, då temperaturen går ner under fryspunkten. I övrigt fungerar anläggningen tillfredsställande. Avskiljandet av det mesta slammet ur nerslagingsvattnet sker fortfarande i en tippvagn och själva bassängen har endast behövt tömmas en gång på de gångna 2 ½ månaderna. Denna tömning av slammet i bassängen har visat sig lättare utförbart med en membranpump än den tidigare använda elevatoren.”

*

Under 1930-talet intresserade man sig extra mycket för järnsvampprocesser i Sverige och naturligtvis även utomlands. Men vårt land låg i täten. Magnus Tigerschiöld sammanfattade

läget i en uppsats 1932. Då fanns i landet Höganäs' process, som fortfarande var den enda kommersiella i världen. Ekelunds metod utprovades i Guldsmedshyttan, Wibergsprocessen testades i Sandviken och vid Domnarvet och i Avesta experimenterades med Kallings metod. En kostnadskalkyl för dessa processer utarbetades. En översikt för kostnaderna i Höganäs gjordes separat och gav ett tonpris på 87:20 kr. Enligt en internrapport på bolaget var det verkliga värdet detta år 86:10 kr. Mycket nära! Prisexempel gavs tidigare i texten. Det framgår av uppsatsen att Höganäs är den dyraste metoden, men det är ändå den enda som överlevt. Wibergsprocessen blev mycket populär i Söderfors, Sandviken m fl stålbruk, men klarade inte konkurrensen i modern tid. Men var nog ändå en smula oroade på Höganäsbolaget. Det visar en utredning av G Tanner i början av 1930-talet betitlad "Höganäsprocessens tekniska förutsättningar." Kostnadssänkande åtgärder vidtogs och redan 1936 var man nere i 69 kr/ton.

Storslaget värre var det 1938, då man firade 200-årsjubileum för det gamla bolaget, Skånska Stenkolsverket. Från Gruvtorget åkte de ca 500 medaljörerna (alla pensionärer) i specialinredda vagnar på företagets egen smalspåriga järnväg till svampverket, där en stor galamiddag hölls i den då nybyggda svampladan.

Chef för järnverket, som det kallades internt, var fram till 1931 Bertil Lundström, varefter Edlund blev chef igen, nu till 1938 då Per F Sundin (bergsingenjör, född 1912) tillträdde.

*

Det finns en uppgift om att Höganäs gick in och sponsrade ett pulvermetallurgiskt laboratorium i Berlin 1937 med bl a Dr Vogt som medarbetare. Inget mer är känt om detta projekt som troligen avbröts genom kriget, men antagligen gällde det att intensifiera ansträngningarna att ersätta koppar med järnpulver i PM-detalyer. Det bör också ha inbegripit undersökningar för att få ett renare och mjukare järnpulver. PEG nämner att man även i Höganäs insatt ett antal forskare på samma uppgift. Till exempel finns i våra handlingar rapporter av G Tanner (Undersökning av topp- och bottenkakor) och B Lundström (Återoxidation av järnsvamp). Norin kommer in i denna bild. 1936 presenterade LECO sin första kol/svavelanalysator, men det tog nog tid innan någon sådan gjorde sitt inträde i Höganäs.

*

1931 utförde Schlecht, Schubardt och Duftschiemid viktiga arbeten om sinterstål och kanske den viktigaste pionjärinsatsen var Offermanns studie 1936 om PM-detalyer av karbonyljärn. I övrigt händer detta decennium att D W Jones i England publicerar sin bok "Principles of Powder Metallurgy" 1937. Samma år och i samma land blev en division under F W Berk & Co, Ltd bildad och ensam agent för Höganäs' järnsvamp och -pulver i England. 1938 inleds i Tyskland ett intensivt utvecklingsarbete för användning av PM i maskiner, transportindustri, vapen och flygindustri. Kieffer-Hotop anför ett oljepumpkugghjul som ett bra exempel. En uppgift är att Schwalbe vid Krebsöge tillverkade granatgördlar av järnpulver 1936.

Vid slutet av 1930-talet, alltså när det andra världskriget började, användes i världen ca fem gånger mer koppar- än järnpulver för PM-ändamål. Förbrukningen av järnpulver för PM-ändamål i USA var ungefär ett ton per dag. Utvecklingen efter 1930 inom högfrekvens- och högvakuumtekniken och magneter hade gått snabbt och ledde till en starkt ökad efterfrågan på järnpulver, mest karbonyl.

*

Vi återknyter nu till hårdmetallen, bl a därför att den haft stor betydelse för järnpulvrets utveckling genom åren. Många personer och företag, särskilt i vårt land, har arbetat med båda produkterna och ingått i kommittéer tillsammans. Det började alltså i Tyskland, men Fagersta tog redan 1930 upp försökstillverkning. Det skedde under högsta sekretess och bar täcknamnet Specialsmältningen. Krupp hade omsorgsfullt skyddat sina metoder med flera patent. För Fagersta gällde det att framställa en med Widia likvärdig produkt utan att göra patentintrång. 1933 hade man kommit så långt att en hårdmetall kunde föras ut i marknaden. Den fick namnet Seco (=jag skär). 1939 levererade Fagersta tre ton hårdmetall och den mängden ökade obetydligt under de följande åren. AB Arbit i Arboga tillverkade gjuten hårdmetall (stellit) för slitdelar redan på 1920-talet. Fagersta övertog Arbit 1936. Utöver Secos marknadsfördes från kontinenten främst märkena Widia och Titanit. Stellit uppfanns i USA omkring 1910 och fick stor användning under världskriget, då man inte frågade efter kostnaderna.

*

Svetsapplikationer hade ännu inte kommit i ropet, men flera patent fanns redan. ESAB (se historik under år 1993) var bland de första att föreslå järnpulver i svetselektrodhöljen. Dessförinnan fanns andra tillsatser. Ett USA-patent från 1917 beskriver en elektrod med en inre beläggning av slaggbildare och ferrolegeringar. Ett brittiskt patent från 1933 anger en elektrod med en beläggning innehållande 90, 82 resp 74 % järnpulver. Följande år föreslås i ett brittiskt patent 40, 25 resp 10 % järnpulver i höljet. Ett amerikanskt patent 1935 talar om minst 15 % (av kärntrådens vikt) järnpulver i beläggningen. Det var framför de basiska elektroderna som försågs med stora mängder järnpulver i höljet. Någon större användning fick dessa emellertid inte förrän 1940. I USA kom inte järnpulver till användning i stor skala förrän på 1950-talet. Med järnpulver ökar utbytet, här beräknat som vikten av metall i svetsen dividerad med vikten av kärntråden. Det är därför utbytet blir över 100 %. Det finns högutbyteselektroder av såväl basisk som sur typ, vilka ibland ger upp till 200 %. Det här beräkningssättet accepterades inte alls i USA. Tholand uttrycker irriterat i ett av sina talrika brev till PEG, att vi ska inte försöka lura kunderna att tro på utbyten över 100 %! En rapport av den 29/9 (har inte kunnat spåras) behandlar efterrenningsprov av järnpulver. Det är första gången som glödning nämns inom företaget, men vi vet inte vilken metod som utnyttjades.