



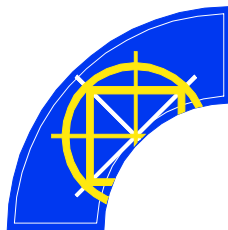
**TEKNISKA HÖGSKOLAN**  
HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

**ELEKTROLYTISK REDUKTION AV  
ZINK VID RENINGSPROCESS**

Maria Johansson

Linda Jansson

EXAMENSARBETE 2007  
Kemiteknik



# TEKNISKA HÖGSKOLAN

HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING

## ELEKTROLYTISK REDUKTION AV ZINK VID RENINGSPROCESS

REDUCING CONCENTRATION OF ZINK  
THROUGH ELECTROLYSIS DURING A  
PURIFICATION PROCESS

Maria Johansson

Linda Jansson

Detta examensarbete är utfört vid Tekniska Högskolan i Jönköping inom ämnesområdet [kemiteknik](#). [Arbetet är ett led i den treåriga högskoleingenjörsutbildningen](#). Författarna svarar själva för framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Handledare: [Mikael Palmgren](#)

Omfattning: [10 poäng \(C-nivå\)](#)

Datum:

Arkiveringsnummer:

## Abstract

When cylinders for motor saws are manufactured there are high demands on the cylinders strength and wearing qualities. Aluminum is a material with low density and is used by Husqvarna AB for their motor saw cylinders. The aluminum is strengthening with nickel that is attached to the cylinders through electrolysis. When aluminum is in contact with oxygen a film of oxide is formed. To eliminate the oxide and to prevent formation of new oxide zinc is used. The cylinders are dipped into a bath of zinc before they pass on to a pre-nickel process, which purpose is to remove the excess of zinc so the “real” nickel process won’t be contaminated. In the process there is a selective bath where zinc is precipitated on sheet-metals through electrolysis. The problem is that while zinc is precipitated so is nickel and in a much greater extend, about 1 % zinc and 99 % nickel.

Husqvarna AB needs a technique to increase precipitation of zinc and reduce the precipitation of nickel. A small copy of the selective bath was constructed where adjustments of different parameters were possible. In the bath there was an anode of nickel, a cathode, process liquid, a pump for stirring and a plant installation from an aquarium for the temperature. In the bath different voltages, distance between anode – cathode and different sheets of metal were tested. Every test were in progress for about three days and then pieces of sheet-metals were cut and sent for analysis of zinc/nickel percentage.

A couple of the tested sheet-metals didn’t work and the ones that did work showed no special difference in zinc/nickel percentage. An increase in distance between the anode and cathode showed a small difference but not much. The alteration that showed to be most effective was to decrease the voltage. The normal voltage is 2, 8 V but when it was decreased to 2, 0 V it gave a much better result. The layer on the sheet-metal showed to contain 12 % zinc and 88 % nickel. A couple of other tests were performed with decreased voltage but no one gave as good result as 2, 0 V. If Husqvarna AB shall be able to use a lower voltage they need a greater cathode surface then they have today. That is because of the lower reaction rate. The lower reaction rate conducts an increasing amount of zinc in the bath and an electrolysis that doesn’t work completely.

Other methods for precipitation could have been tested e.g. change of anode, precipitation of zinc as a salt or a powder that could have been filtrated or a process that reduces the excess of zinc. To test any of these methods big changes in the process structure would be needed which costs both time and money. The authors therefore concluded that the best thing for Husqvarna AB to do is to increase the cathode surface by connecting another bath next to the existent.

## Sammanfattning

Vid tillverkning av motorsågscylindrar ställs det höga krav på att de är tåliga och slitstarka. På Husqvarna AB tillverkas motorsågscylindrar av aluminium som är ett material med låg densitet. Aluminiumet förstärks med nickel som genom elektrolys fästs på cylindrarna. På aluminium bildas ett oxidskikt i kontakt med syre och för att eliminera skiktet samt undvika bildning av ny oxid så doppas cylindrarna i zink innan elektrolysen. Cylindrarna doppas hela i ett zinkbad innan de går vidare till en förförnicklingsprocess som bland annat är till för att bli av med överflödigt zink så att det inte förorenar det ”riktiga” nickelbadet. I processen finns ett selektivt bad där zink fälls ut genom elektrolys på plåtar. Problemet är att samtidigt som zink fälls ut så fälls också nickel ut och i större mängd, ca 1 % zink respektive 99 % nickel.

Husqvarna AB behöver en teknik som ökar utfällning av zink samtidigt som nickelutfällning reduceras. En liten kopia konstruerades av det selektiva badet där justering av olika parametrar kunde utföras. I badet användes en plåtkatod och en nickelanod, vätska från processen, en pump för omrörning och ett akvarieaggregat för värme. I testbaljan provades ändringar av spänning, avstånd anod – katod och olika material som katod. Varje bad kördes ca tre dagar och sedan klipptes bitar av plåtarna bort och skickades iväg för analys av zink/nickelhalt.

Det visade sig att ett par av de testade plåtarna inte fungerade och de som fungerade visade ingen större skillnad i zink/nickelhalt. En ökning av avstånd mellan katod och anod gav en liten procentskillnad men inte tillräcklig. Den parameterändring som visade sig vara mest effektiv var att sänka spänningen. Normalt ligger spänningen på 2,8 V men när den sänktes till 2,0 V gav det bättre resultat. Skiktet på plåten visade sig nu innehålla ca 12 % zink och 88 % nickel. Ytterligare försök gjordes med lägre spänning men ingen gav lika bra resultat som 2,0 V. För att Husqvarna AB ska kunna använda lägre spänning kräver det en ökad katodyta än vad som finns i dagsläget, på grund av en lägre reaktionshastighet. Lägre reaktionshastighet leder till en för snabb ökning av zink i badet och en dåligt fungerande elektrolys.

Andra metoder för utfällning hade kunnat provats t ex byte av anod, fälla ut zink som ett salt eller pulver som sedan filterats bort eller en process för att minska överflödet av zink. Alla dessa metoder kräver att Husqvarna AB gör en omfattande omstrukturering av processen vilket kräver både tid och pengar. Därför kom författarna fram till att en ökad katodyta i form av ett nytt bad anslutet till det gamla vore den bästa lösningen för Husqvarna AB.

### Nyckelord

Motorsågscylindrar	Elektrolys
Zink	Reningsprocess
Nickel	Selektivt bad

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	4
1.1	BAKGRUND .....	4
1.2	SYFTE OCH MÅL .....	4
1.3	AVGRÄNSNINGAR.....	5
1.4	DISPOSITION.....	5
2	Teoretisk bakgrund .....	7
2.1	ELEKTROLYS .....	7
2.2	METALLER I PROCESSEN.....	8
2.2.1	Aluminium.....	8
2.2.2	Zink.....	8
2.2.3	Nickel.....	9
2.3	CYLINDERPROCESSEN .....	10
2.4	FÖRFÖRNICKLINGSPROCESSEN .....	11
2.5	SELEKTIVA BADET.....	12
3	Genomförande .....	14
3.1	TESTBALJAN.....	14
3.2	FÖRSÖKEN.....	15
3.3	PROVTAGNINGAR.....	16
4	Resultat .....	17
4.1	JOURNAL TESTBALJA.....	17
4.2	RESULTAT FRÅN FÖRSÖKEN .....	22
4.3	CYLINDER 353 – FRÅN START TILL RESULTAT .....	26
5	Slutsats och diskussion.....	27
6	Referenser.....	29

# 1 Inledning

Nickel är ett dyrt ämne som är tåligt och slitstarkt. Det kan därför användas för att förstärka andra billigare eller lättare material. På Husqvarna AB används nickel för att förstärka aluminiumcylindrar till motorsågar men innan det doppas cylindrarna i zink. Zink hjälper till att eliminera det skikt av oxid som bildas på aluminium i kontakt med syre och hindrar uppkomsten av ny oxid. Det blir alltid ett överskott av zink som vid följande process fungerar som en förorening. Zink avlägsnas genom elektrolys men med följden att nickel försvinner och det i mycket större mängd [1].

På uppdrag av Husqvarna AB utfördes ett antal experiment. Syftet var att försöka förbättra processen så att mindre nickel försvinner vid elektrolysen vilket kan leda till kostnadsbesparing. Examensarbetet utfördes som en del i utbildningen Kemiteknik, inriktning miljö kemi med bioteknik på Tekniska Högskolan i Jönköping.

## 1.1 Bakgrund

Husqvarna är ett varumärke som idag finns på en mängd olika produkter och exporteras över hela världen. Den första fabriken startades redan 1689 och tillverkade då vapen [2]. Genom åren har Husqvarna växt och tillverkar eller har tillverkat bland annat symaskiner, köksutrustning, cyklar, motorcyklar och gräsklippare. 1959 startade tillverkningen av motorsågar och motorgräsklippare [3]. En motorsåg består av ett stort antal komponenter och vid tillverkning krävs många processer med flera olika moment. Det ställs extra krav på motorsågarnas cylindrar som vid användning utsätts för stora påfrestningar.

Grunden för cylindrarna utgörs av aluminium som är en lättmetall. För att förstärka aluminiumcylindrarna används Ni/SiC (nickel/kiselkarbid) som ger en hård och slitstark yta men för att undvika bildning av aluminiumoxid på ytan doppas cylindrarna först i zink. Den teknik som används vid de olika processerna kommer från företaget International Plating Technologies GmbH, Stuttgart, Tyskland och all maskinell utrustning kommer från företaget Stohrer i Tyskland [1].

Processerna sker i flera olika steg med bland annat ett förförnicklingbad där överflödigt zink hamnar och sedan avlägsnas genom elektrolys i ett så kallat selektivt bad. Det är i det selektiva badet som förlusten av nickel sker. Då systemet kommer färdigt till Husqvarna och bara anpassats något så visar förlusten av nickel att systemet inte fungerar optimalt. I det dagliga arbetet på Husqvarna finns inte tid för att testa effektivare metoder eftersom systemet hela tiden är igång [1].

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet var att försöka hitta ett effektivare sätt att fälla ut zink vid elektrolysen i det selektiva badet och reducera nickelutfällning. Om målet uppnås kan det leda till en kostnadsbesparing för Husqvarna AB eftersom nickel är en dyr råvara. För att kunna utföra olika tester konstruerades en liten kopia av det selektiva badet.

Kopian byggdes på Husqvarna AB under överseende av processtekniker Stefan Blidberg som också var den person som kom med förfrågan.

I kopian kunde olika parametrar och/eller förutsättningar ändras som inte är möjliga i det riktiga badet. Om någon av ändringarna gav ett effektivare sätt att utföra processen kan den metoden förhoppningsvis överföras till det selektiva badet.

### 1.3 Avgränsningar

Det selektiva badet ingår i ett slutet system bestående av tre delar som processvätskan går igenom. Att bygga hela systemet skulle vara både svårt och tidsödande. Kopian bestod därför endast av det selektiva badet och eventuell påverkan av övriga delar togs inte i beaktning. För att vätskan inte skulle stå still användes en elektrisk pump för att få ett liknande flöde som i det större systemet. I systemet hålls en konstant temperatur på 50°C. I kopian hölls en temperatur på 33°C med hjälp av ett akvarieaggregat inställt på maxtemperatur. Temperaturen räckte för att förhindra kristallbildning i badet. Testerna avgränsades till ändring av spänning, katod och avstånd mellan anod och katod. Flera andra ändringar eller metoder var möjliga men på grund av att testerna tar tid var det nödvändigt med en avgränsning.

### 1.4 Disposition

Rapporten består av fem delar:



Här beskrivs alla delar inom de processer som berör arbetet. Teorin ger en bakgrund till elektrolysen, de metaller som används och de olika steg som motorsågscylindrarna genomgår.



I genomförandet förklaras testbaljans uppbyggnad och de grundparametrar som använts. De olika försökens parametrar och ändringar beskrivs kortfattat. Avsnittet avslutas med vilka prover som togs och hur det gick till.

**Resultat**

I resultatet visas den journal som fördes under försöken komplimenterad med en del anmärkningar.

Resultaten från försöken presenteras sedan både i tabellform och i text. Tabellen visar vikterna på anod och katod och vilka procentuella halter av zink och nickel som fanns på katodplåtarna. I texten återfinns fakta om varje försök. I resultaten visas också en cylinder från start till färdigt resultat.

**Slutsats och diskussion**

Slutsatsen av resultaten presenteras. Kapitlet tar upp arbetets för och nackdelar. Förslag till andra metoder som kunde ha provats diskuteras.

**Referenser**

Referenserna är gjorda efter IEEE-metoden.

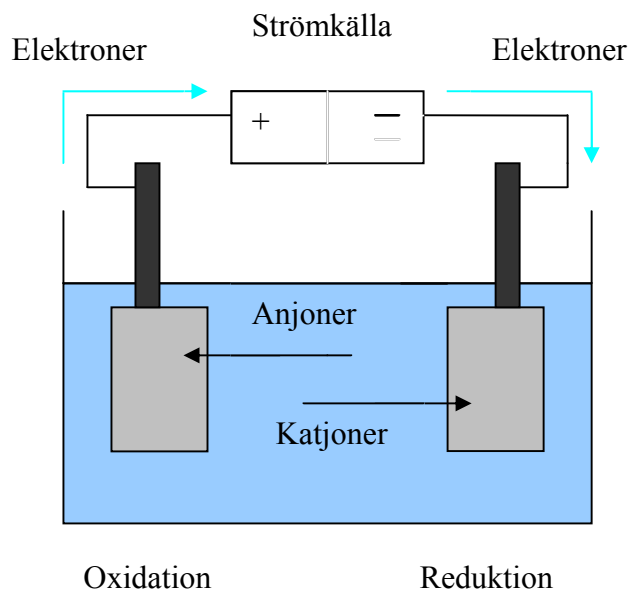


## 2 Teoretisk bakgrund

Aluminiumcylindrarna utgör endast en liten del av motorsågen men genomgår en lång rad processer innan de kan monteras på plats. För att kunna förstå de experiment som utförts är det viktigt att få en del kunskap om de olika processerna, egenskaper hos ämnen som används och den kemi som ligger bakom. Den viktigaste processen att få förståelse för är elektrolysen som hela arbetet bygger på. Den utgör basen för de övriga processerna och ger den förklaring som behövs för att kunna följa dessa.

### 2.1 Elektrolys

Själv ordet elektrolys kan förklaras med ett citat: ”Passage av ström genom en substans eller lösning som orsakar oxidation - reduktions reaktioner” [4]. De reaktioner som nämns är elektrokemiska och sker i en elektrokemisk cell. Det finns celler där reaktionen sker spontant även kallad galvanisk cell. Om reaktionen inte kan förlöpa själv krävs elektricitet, där strömmen tvingar lösningen i cellen att genomgå en kemisk förändring. Den tillförda energin gör att elektroner vandrar till den motsatta sidan och ett skikt läggs på den ena plåten. Elektrolys är användbart vid plätering av föremål och görs i första hand för att skydda mot korrosion; t ex förzinkade skruvar [5].



Figur 1. Elektrolys [6]

Som figur 1 visar: Staven till vänster är inkopplad till strömkällans pluspol och kallas anod. Det är här elektronerna frigörs. Samtidigt lossnar positiva joner från anoden och blir mobila i lösningen som kallas elektrolyt. Jonerna vandrar i elektrolyten till den högra staven (katod) som är kopplad till minuspolen. Jonerna kommer att fästa till katoden och bildar ett skikt på plåten [6].

## 2.2 Metaller i processen

Under processen används flera olika metaller. Fler ämnen än metaller är nödvändiga för att processen ska kunna genomföras, men vid de följande kemiska reaktionerna bildas även oönskade ämnen som blir föroreningar. Det är främst tre metaller som används i processen. Aluminium som cylindrarna är gjorda av men som också anses som förorening i det selektiva badet. Zink som används för att undvika bildning av aluminiumoxid på cylindrarna men som ses som en stor förorening i det selektiva badet och nickel som förstärker cylindrarna.

### 2.2.1 Aluminium

Aluminium är en silverglänsande, väteutdrivande, lättmetall [7] och den vanligaste metallen i jordytan med en koncentration på 8,3 %.

Aluminium förekommer ytterst sällan i ren form men kan hittas i en stor variation av mineraler kombinerat med syre, silikon, alkalimetaller, fluor eller som hydroxider, sulfater och fosfater. Aluminium har blivit den icke-järnhaltiga metallen som används mest men är också en av de nyaste som används. Det beror på att aluminiummineraler är ganska stabila och det krävs mycket energi och höga temperaturer för att reduceras till metall. Tillräckligt bra och effektiva metoder har inte funnits att tillgå förrän på senare år.

Aluminium består av ett kubiskt kristallgaller som är stabilt från ca 277-1206°C. Aluminium förekommer i oxidationstillståndet +3. Trots att aluminium är en av de mest reaktiva kommersiella metallerna som används är den anmärkningsvärt stabil i de flesta oxiderande miljöer. Det beror på en film av aluminiumoxid som snabbt växer på ytan av aluminium som utsätts för syre, vatten och andra oxidanter. Riktigt ren aluminium motstår attacker av syror. Den oxidfilm som bildats är däremot känslig för alkaliska lösningar och korroderar då snabbt bildandes lösliga hydroxider och vätsgas [8].

### 2.2.2 Zink

Zink är en silverglänsande, väteutdrivande metall [7] med en hexagonal kristallstruktur. Zink har en stor motståndskraft mot atmosfärisk korrosion och används därför som ytbehandling inom stålindustrin. Dess låga kokpunkt på 906°C är viktig i många produktionsprocesser. Zink går att bearbeta vid så låga temperaturer som 120°C och det är grunden till en del av dess användningsområden.

Zink förekommer naturligt i jordytan med koncentrationen 0,0065 %, men endast i kemiska kombinationer. Vid extraktion av zink fås kadmium, silver, bly och koppar som biprodukter. Det viktigaste zinkmineralet idag är ZnS, zinksulfid och den vanligaste (alltid förekommande) föroreningen FeS, järnsulfid.

Zinks elektronpotential är -0,763 V och dess oxidationstillstånd är +2 i alla ämnen. Zink formar gärna komplex med ammonium, amider och cyanid- och halidjoner.

Zink löses upp i mineralsyror, ofta under avgivande av väte. Zink används som en starkt reducerande agent i kemiska reaktioner oftast i form av pulver eller granulater. På grund av det skyddande hölje som bildas är zink väldigt resistent mot luft. Zink är också resistent mot halogener men korroderar snabbt i kontakt med HCl-gas. Zink har en stor ytarea och det gör zinkdamm mer reaktivt och kan t ex vid ökande temperatur reagera häftigt med syre, klor och svavel. Klorider och sulfater är väldigt lösliga i vatten medan oxider, fosfater, karbonater, silikater och organiska komplex är olösliga eller måttligt lösliga. Vid zinkelektrolys kan mer elektropositiva ämnen som t ex nickel ha en starkt skadlig effekt på strömproduktionen pga. formering av element på katoden, vilket leder till upplösning av zink [9].

### 2.2.3 Nickel

Nickel är en silvervit metall med typiska metallegenskaper och är nära besläktad med järn och kobolt. Nickel har en förmåga att tillsammans med andra ämnen öka dess styrka, tålighet och motstånd mot korrosion vilket gör den till en viktig metall. Speciellt viktig är nickel inom järn- och stålindustrin. Nickel formar normalt ett kubiskt kristallgaller, men en hexagonal modifiering är också känd. Denna ändras dock till kubisk vid 250°C.

Nickel förekommer naturligt i jordytan med en koncentration på 0,008 %. Nickel förekommer inte rent utan som sulfider eller oxider (eller silikater). I naturen finns fem stabila isotoper, men sju artificiella radioaktiva isotoper har också identifierats. Det är i oxidationstillståndet +2 som nickel är mest användbar inom industrin, men +3 och +4 är också kända. Nickel (II) joner bildar lätt komplex. De flesta nickelsalter är grönfärgade (bild 1), pga. den oktahedralet  $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$  katjonen. Vid moderata temperaturer har nickel hög korrosionstålighet mot luft, havsvatten och syror som inte är oxiderande. Nickel är ganska elektropositivt med en elektronpotential på -0,25 V. Nickel är speciellt korrosionsmotståndskraftig mot alkalier och används därför ofta vid produktion eller hantering av kaustiksoda. Nickel attackeras däremot av ammoniaklösningar. Nickel är en dyr metall, priserna ökade under 1988/89 då användningen av rostfritt stål ökade [10].

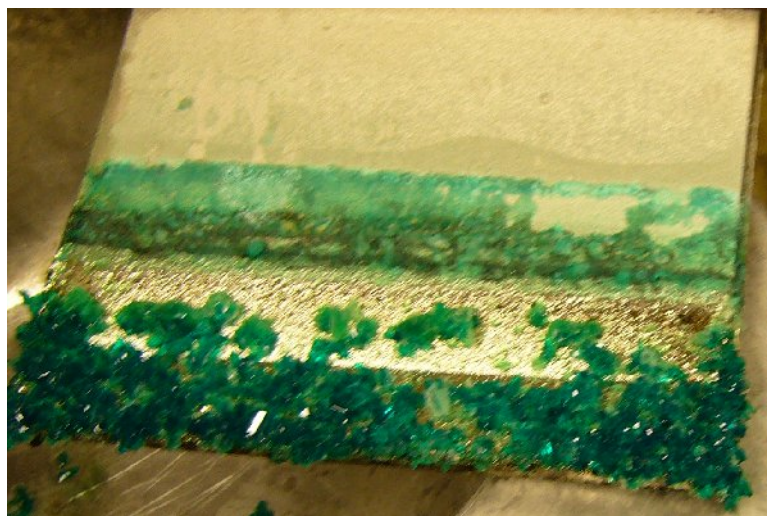
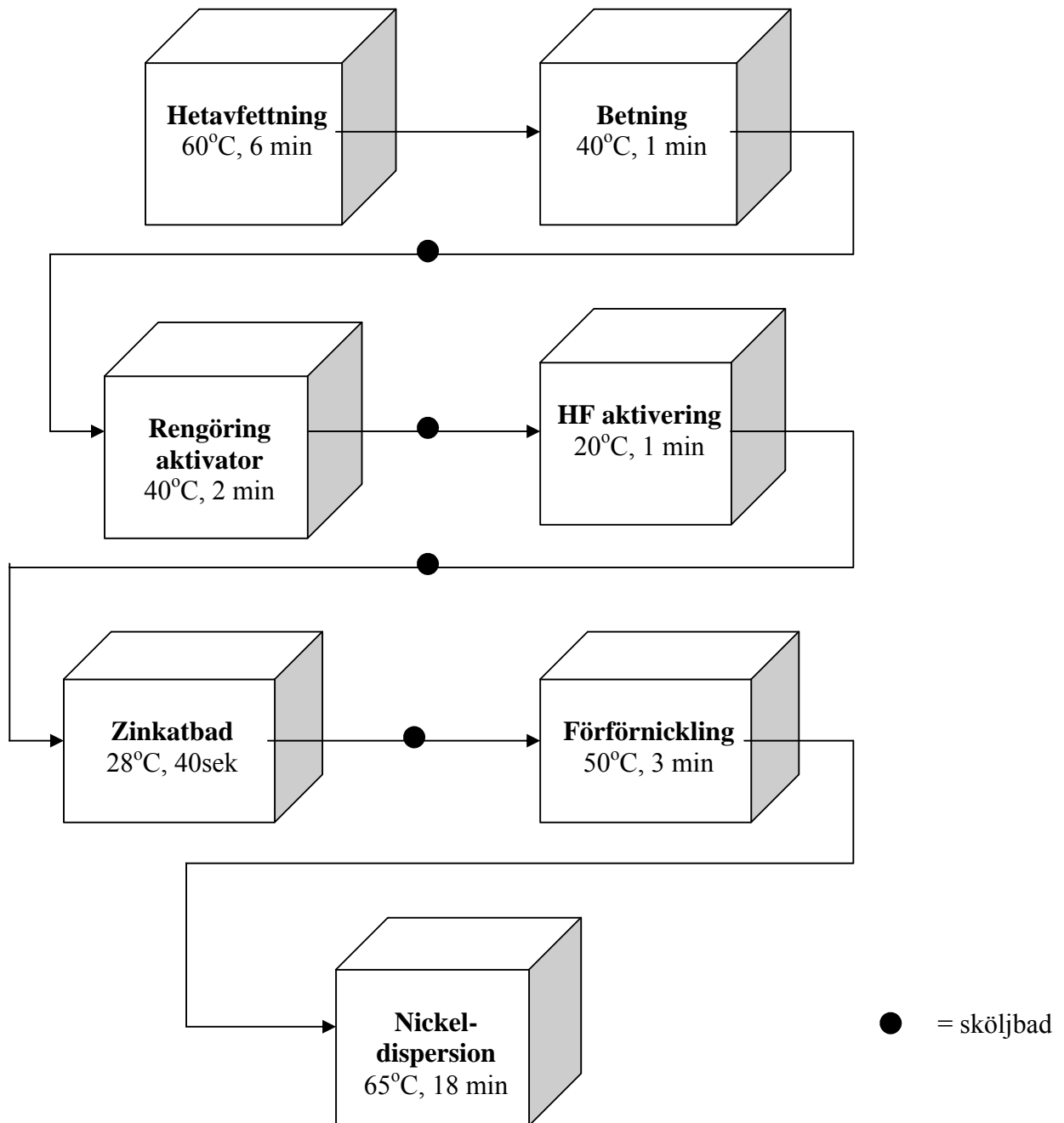


Bild 1. Kristallbildning på anod [070115]

## 2.3 Cylinderprocessen



Figur 2. Processchema [1]

Cylinderprocessen sker i flera steg (figur 2) [1].

I steg ett avfettas cylindrarna genom så kallad hetavfettning. Under steg två betas cylindrarna, det betyder att oxider och ca 2-5  $\mu\text{m}$  av aluminiumytan tas bort.

Steg tre och fyra "aktiverar" cylinderytan, dvs. tvättar den ren från legeringsämnen som inte sköljts av ytan vid betningen. Efter steg fyra ska cylindrarna ha en ren metallisk aluminiumyta för bra vidhäftning.

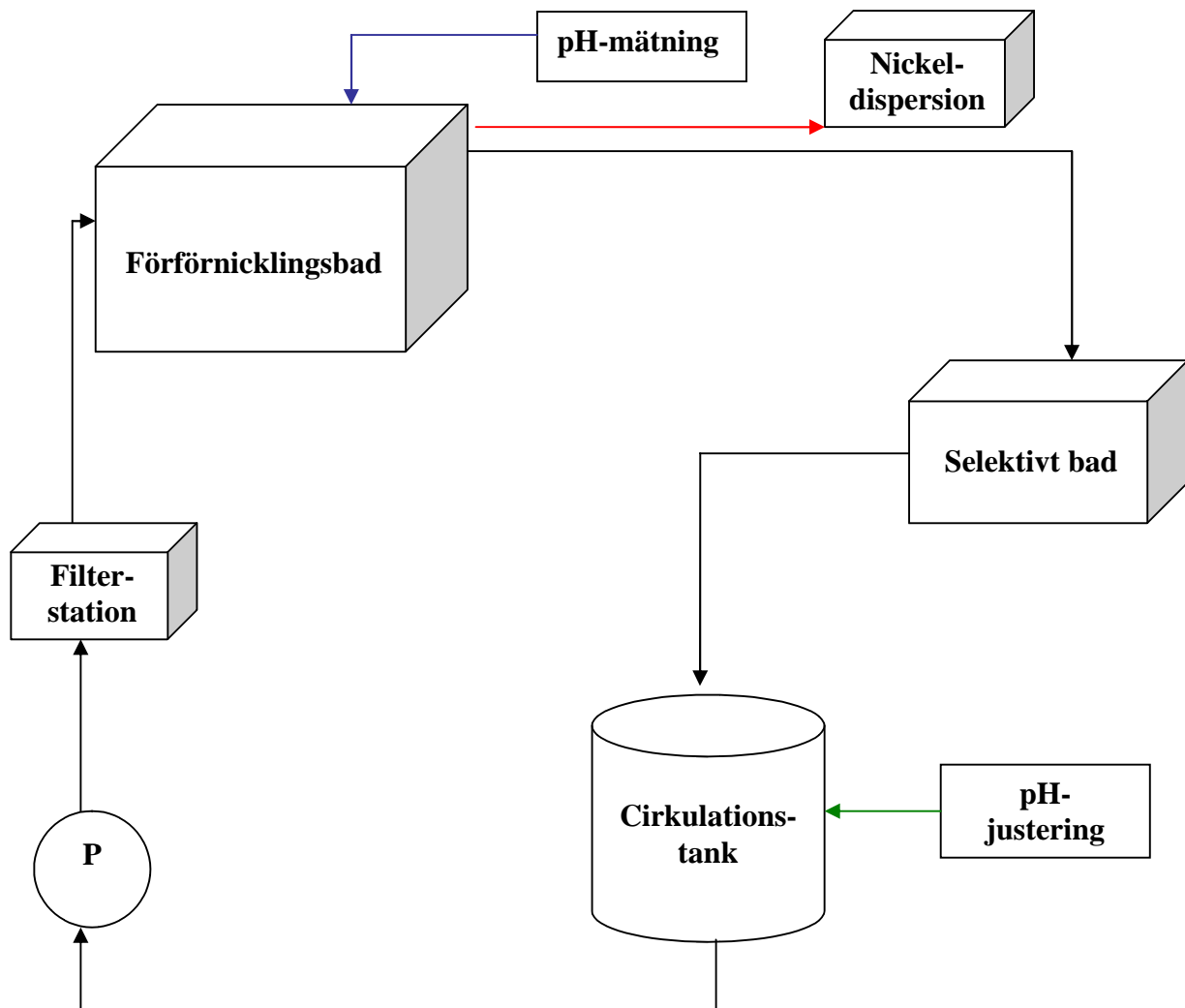
Steg fem är zinkatbadet, cylindrarna doppas i zink för att undvika oxidbildning.

Cylindrarna doppas hela trots att det endast är cylinderloppet som behöver förzinkas.

I steg sex sker den förförnickling där överflödigt zink faller ut i det sura nickel badet och blir en förorening som tas om hand i det slutna system där det selektiva badet ingår.

Det sista steget är nickelelektrolysen som blir den slutliga ytbehandlingen av cylindrarna [1].

## 2.4 Förförnicklingsprocessen



Figur 3. Processchema över det slutna systemet [1]

När cylindrarna kommer till förförnicklingsbadet har de först varit i zinkatbadet. I zinkatbadet doppas cylindrarna ner i en basisk zinkatlösning (med ca 14 % natriumhydroxid) för att lösa upp nybildad oxid och får därmed ett tunt skikt av zink runt om som ersätter och förhindrar uppkomst av nya oxider. En förorening i badet är aluminium som kommer ifrån cylindrarna och för att få bort den och andra oönskade ämnen byts lösningen i badet en gång om året. Efter de 40 sekunderna i zinkatbadet ligger det ett överskott av zink runt cylindrarna som är en förorening. För att inte

förorena det stora nickelbadet går cylindrarna till ett slags rengöringssteg och det är förförnickelbadet.

Badet är som ett stort filter som tar bort de oönskade ämnena från cylindrarna så de kan fortsätta sin väg genom processen ”rena”. Processtiden är enbart tre minuter, endast några  $\mu\text{m}$  tjockt nickelskikt läggs på. Under den tiden fälls allt överskott av zink från cylindrarna, även andra oönskade ämnen hamnar här t ex olja. Kontinuerligt går kontaminerad processlösning vidare till det bad som kallas ”selektivt bad” där utdrag av zink sker. Efter att vätskan har renats går den vidare till en cirkulationstank. Idén med tanken är att den totala badvolymen ska bli så stor som möjligt. Anledningen till det är att systemet ska bli mindre känsligt för föroreningar, även dosering av diverse kemikalier underlättas [1].

Rengöring av förförnicklingsbadet sker inom det slutna systemet som beskrivs enligt förgående processchema (figur 3). Processlösningen filtreras kontinuerligt genom ett patronfilter. Vätska pumpas från botten av tanken som går igenom filtret, där filtreras större partiklar bort som har kommit in i systemet under året. Till filtret tillsätts aktivt kol som tar bort organiska föroreningar t ex nedbrytningsprodukter från grain refiner som finns tillsatt i processlösningen för att skiktet ska få en viss hårdhet, och eventuella oljerester. Patronfiltren byts ca två gånger i veckan (beroende på flödet genom filtret). En gång i månaden väteperoxidbehandlas badet för att få bort organiska föroreningar.

Som tidigare nämnts är det sista steget i hela processen nickeldispersion. När cylindrarna kommer hit har de endast ett tunt skikt som måste ökas på ytterligare. Det här badet innehåller kiselkarbid, som är viktig i den här delen av processen. För att bli av med organiska föroreningar väteperoxidbehandlas dispersionen en gång i månaden och filtreras en gång per år. Badet kan inte som förförnicklingsbadet filtreras kontinuerligt pga. av kiselkarbiden som då skulle försvinna. I badet faller cylindrarna ut aluminium och under tidens gång ökar koncentrationen. När halten aluminium överstiger 1000 mg/l påverkas plätningen negativt och badet behöver rengöras. Rengöringen kallas High pH-treatment och den fungerar så att pH höjs till ca 5 – 5,5 så att aluminiumhydroxid bildas vilket sedan går att filtrera bort. En nackdel är att även kiselkarbiden försvinner men idag finns det inte en bättre lösning på problemet.

Samtidigt som High pH-treatment genomförs står hela processen still men det slutna systemet där det selektiva badet ingår körs fortfarande vilket leder till att all zink försvinner ur vätskan. Hela reningsprocessen tar fyra dagar. Efter reningsprocessen utförs en så kallad ”swapping”. Det betyder att vätskorna byts, dispersionen blir ny förförnickling och förförnicklingen blir ny dispersion (med tillsats av kiselkarbid)[1].

## 2.5 Selektiva badet

I det selektiva badet sker en elektrolys med anoder i form av plattor av nickel som ligger i korgar av titan. Katoderna är i form av syrafasta, rostfria plåtar (Legering SS 2343). Plåtarna och anodkorgarna är skruvade i kontaktskenor av koppar, vilka befinner sig ovanför vätskeytan. I badet ligger katoder och anoder med fem cm mellanrum och varannan anod och varannan katod. Total katodyta i badet är ca 2570  $\text{dm}^2$  och total anodyta ca 1250  $\text{dm}^2$ . Plåtarna är vid start 2 mm tjocka och på en månad

växer de till det dubbla. Plåtarna byts när skiktet är så tjockt så att det inte nuddar anodytan, annars blir det risk för kortslutning (normalt efter ca 6 veckor). I badet hålls pH mellan 3,5 – 4,5 och en temperatur på 50°C. Spänningen ligger normalt på ca 2,8 V och strömmen på 400 – 500 A. Enligt tillverkaren IPT ska startspänningen ligga på 2,0 V tills ett mörkare lager av nickel fäst sig på plåtarna och sedan sänka strömmen till 0,3 A/dm<sup>2</sup>. I dagsläget är det inte möjligt då det skulle ta för lång tid för zink att fästa på plåtarna och istället fortsätter det att fästa mer nickel än zink. Vid analys så är skillnaden så stor som ca 99 % nickel och ca 1 % zink. I badet finns ett antal ämnen både önskade och oönskade (tabell 1)[1].

<u>Önskade ämnen</u>	<u>Koncentration</u>	<u>Handelsnamn/(Anmärkning)</u>
Nickel	110-140 g/l	Make up/mainten (Innehållande nickelsulfat)  Nickelkarbonat (För att justera pH)
Buffer	35-45 g/l	Buffer (Ge ett stabilare pH)
Grain refiner	4-8 ml/l	Grain refiner (Raffinera grynen för att ge en viss hårdhet i skiktet, skiktet ska böjas inåt.)
Additive C	4-8 ml/l	Additive C (Minska Al negativa effekt vid skiktning, kan då ha högre halter utan att det inverkar)
<u>Oönskade ämnen</u>	<u>Koncentration</u>	<u>Anmärkning</u>
Zink	70-140 mg/l	Dras med från zinkat-badet
Aluminium	0-15 mg/l	Dras med från zinkat-badet
Järn	1-5 mg/l	Dras med från zinkat-badet
2-sulfobenzoisk syra	< 20 mg/l	Nedbrytningsprodukt från Grain refiner
Benzamid	< 20 mg/l	Nedbrytningsprodukt från Grain refiner

Tabell 1. Önskade och oönskade ämnen i förförnicklingsprocessen [1]

Det här är ämnena som är möjliga att kontrollera, men det kan även finnas andra substanser i badet [1].

## 3 Genomförande

Metoden som användes var rent experimentell. Testbaljan konstruerades på plats inom avgränsat område på Husqvarna. Det med tanke på att processvätskan innehåller mycket nickel och vid läckage måste hamna i brunnar till det befintliga reningssystemet [1]. Testbaljan placerades i närheten av cirkulationstanken tillhörande det slutna systemet för att underlätta byte av processvätska. Processvätskan pumpades ur det slutna systemet till testbaljan. Eftersom det inte skedde någon tillförsel av zink till testbaljan så vid behov hölls vätskan tillbaka för att sedan pumpa upp ny. Zinkhalten mättes efter varje försök och vid låg halt byttes vätskan.

### 3.1 Testbaljan

Till testbalja användes en vanlig plastlåda med sidor på ca 37 x 54 cm och en volym på 50 liter. Från början justerades vätskenivån något. Vid första försöket hölls volymen på 31 liter, vid andra försöket 27 liter för att sedan hållas konstant på 30 liter. För att kunna hålla rätt volym fick badet emellanåt nivåjusteras med vatten på grund av avdunstning. I baljan skars skårer ut med olika mellanrum. I skårorna placerades kontaktskenorna av koppar, även dessa anpassade i storlek. Nickelanoden och plåtar ”klippes” till med en area på ca 23 x 20 cm<sup>2</sup>. Till skillnad från det stora badet så användes ingen titankorg till nickelanoden utan både anoden och katodplåtarna skruvades direkt på kopparskenorna. Ungefär halva anod- och katodarean befann sig över vätskeytan.

En pump installerades för att få omrörning i badet. Efter första försöket installerades också ett värmeaggregat från ett akvarium. Det gjordes efter ett stopp i pumpen på grund av att den sjunkande temperaturen skapat kristaller i badet. Temperaturen hölls sedan på ca 33°C, förutom vid byte av vätska då starttemperaturen blev ca 50°C för att sedan sjunka till 33°C. Vid denna temperatur hindrades kristallbildningen så pass mycket att det inte blev fler stopp i pumpen. Som strömkälla användes ett vanligt spänningsaggregat som fästes vid kopparskenorna med krokodilklämmor. Här kontrollerades och justerades spänning och ström (bild 2).



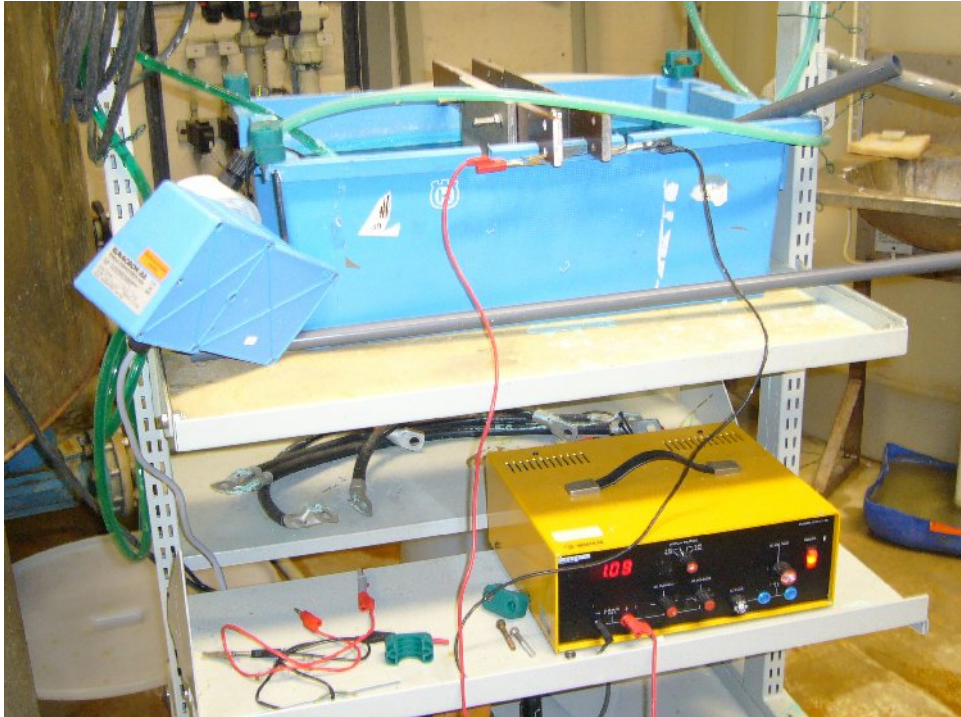


Bild 2. Testbaljan [070308]

## 3.2 Försöken

Från början var det viktigt att få testbaljan så lik originalet som möjligt t ex använda samma anod – katod, avstånd och spänning som i det selektiva badet. Det gjordes för att se om resultaten i testbaljan liknade de i det selektiva badet men också för att användas till att jämföra med vid de övriga försöken. Efter det ändrades spänning, avstånd mellan anod och katod för att se om det gav någon skillnad i resultat. Sedan provades olika material som katod för att se om något var mer benäget att ta upp zink än nickel.

### Försök 1: Originalförsök 1

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

### Försök 2: Konstant ström

Ström: 2,9 A                          Avstånd anod – katod: 5 cm

### Försök 3: Originalförsök 2

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

### Försök 4: Originalförsök 3

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

### Försök 5: Försök med större avstånd mellan anod och katod

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 16 cm

Försök 6: Försök med lägre spänning 1

Spänning: 2,0 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 7: Försök med lägre spänning 2

Spänning: 2,4 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 8: Försök med kallvalsad/svart plåt som katod

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 9: Försök med elgalvad förzinkad plåt som katod

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 10: Försök med aluminiumplåt som katod

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 11: Försök med tunn rostfri plåt som katod

Spänning: 2,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 12: Försök med lägre spänning 3

Spänning: 2,2 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 13: Försök med lägre spänning 4

Spänning: 1,8 V                      Avstånd anod – katod: 5 cm

Försök 14: Försök med lägre startspänning + sänkning

Spänning: 2,0 V → 1,8 V      Avstånd anod – katod: 5 cm

### 3.3 Provtagningar

Vid varje försöks start och stopp mättes pH, ström, spänning, nickelhalt och zinkhalt. Ström och spänning avlästes direkt på aggregatet. pH mättes efter att ett prov tagits och fått svalna till rumstemperatur. I detta prov mättes också nickelhalten genom titrering med EDTA direkt i det egna laboratoriet. För att mäta zinkhalten skickades proven iväg till Aquapoint, ett litet analysföretag i Linköping. Hit skickades också plåtbitar av anoderna för att se hur många procent nickel/zink som fäst. Efter ca tre dagar kom provsvaren. Före och efter försöken vägdes även anoden och katoden.

## 4 Resultat

Under försöken kontrollerades testbaljan vid olika tillfällen för att se om allt fungerade, samtidigt som resultat, provtagningar och händelser fördes ner i en journal.

### 4.1 Journal testbalja

#### Försök 1: Originalförsök 1

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
061218	10:00	2,8	2,8	76,8	128,0				31,0	5,0
061218	13:00	3,0	2,9	70,6	122,0					
061219	10:00	3,1	2,9	66,2	137,0					

Anmärkning: 061220 Klockan 9:00 Skiktet på plåten lossnat – liggandes på anoden. Det lossnande skiktet skalades av och plåten återmonterades.

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
061220	10:00	3,2	2,9	68,8	142,0				31,0	5,0
061221	10:00	3,1	2,9	62,0	142,0					

Anmärkning: Stopp i pumpen pga. kristallbildning, värmeaggregat ordnas till försök 2. Badet tömdes.

#### Försök 2: Konstant ström

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070109	10:45	3,5	2,9	54,0	117,0	4,4		41,0	27,0	5,0
070110	11:00	3,7	2,9					33,0		
070111	08:00	3,8	2,9					33,0		
070112	07:00	3,8	2,9	37,6	143	1,1		35,0		

Anmärkning: Nytt bad. Installerat doppvärmare. Badet tömdes.

## Resultat

### Försök 3: Originalförsök 2

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070117	07:30	2,8	5,0	103,0	118,6	4,4		50,0	30,0	5,0
	12:30	4,6				3,6		28,0		
	12:45	2,8	1,3				300			
	13:40	2,8	1,2			4,7		31,0		
	15:30	2,9	1,2			4,8		32,0		
070118	08:30	2,7	1,2	89,6	118,6	4,7		33,0		
	09:00	2,8	1,4							
	15:00	2,8	1,4			4,5		33,0		
070119	07:30	2,8	1,4	89,0	132,6	3,3		33,0		

### Försök 4: Originalförsök 3

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070122	08:30	2,8	1,1	79,6	117,4	4,5		50,0	30,0	5,0
070123	07:30	2,8	1,0		127,4	2,3	600,0	33,0		
	12:15	2,8	1,0			5,1		33,0		
070124	07:00	2,8	1,0			5,0		33,0		
	15:30	2,8	1,0					33,0		
070125	07:30	2,8	1,0	51,0	122,1	4,7		33,0		

### Försök 5: Försök med större avstånd

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070129	08:30	2,8	1,0	91,2	120,9	4,4		33,0	30,0	16,0
070130	07:00	2,8	0,7			2,4	400,0	33,0		
	14:00	2,8	0,8			4,9		33,0		
070201	08:00	2,8	0,7			4,4		33,0		
	10:00	2,8	0,7	66,2	120,9	4,7		33,0		

Anmärkning: 070201 Påfyllning av vatten, ca 2 cm

Försök 6: Försök med lägre spänning 1

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070205	09:00	2,0	0,11	83,2	123,3	4,4		33,0	30,0	5,0
070206	08:00	2,0	0,09			4,3		33,0		
070207	08:00	2,0	0,07			4,5				
	10:00	2,0	0,08	75,0	123,3	4,5		33,0		

Försök 7: Försök med lägre spänning 2

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070212	09:00	2,4	0,53	67,0	117,4	4,6		33,0	30,0	5,0
070213	09:00	2,4	0,46			3,3	300,0	33,0		
070214	08:00	2,4	0,52			4,9				
070215	07:00	2,4	0,51	48,2	123,3	4,6		33,0		

Försök 8: Försök med kallvalsad/svart plåt som katod  
Nivåjustering

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070219	09:00	2,8	1,83	60,8	121,5	4,5		50,0	30,0	5,0
	15:00	2,8	1,47			3,6	300,0	34,0		
070220	08:00	2,8	1,45			4,6		33,0		
070221	14:00	2,8	1,37			2,2	600,0	33,0		
070222	09:00	2,8	1,35	31,6	119,7	4,9		33,0		

Försök 9: Försök med elgalvad förzinkad plåt som katod

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070226	10:00	2,8	0,0							
		20,0	0,0							

Anmärkning: Fungerade inte

Försök 10: Försök med aluminiumplåt som katod

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070226	10:30	2,8	1,1	68,4	126,2	4,2		40,0	30,0	5,0
	15:30	2,8	1,29			3,6	300,0	33,0		
070227	07:30	2,8	1,16			4,7		33,0		
070228	14:30	2,8	1,2			2,2	500,0	33,0		
070301	09:00	2,8	1,22	43,2	125,0	4,6		33,0		

Försök 11: Försök med tunn rostfri plåt som katod

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070305	09:00	2,8	0,92	62,8	113,9	4,9			30,0	5,0
070307	10:00	2,8	1,05			2,2	500,0	33,0		
070308	09:00	2,8	1,09	32,6	126,2	4,5		33,0		

Försök 12: Försök med lägre spänning 3

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070312	09:00	2,2	0,24	32,6	129,1	4,9			30,0	5,0
070313	07:30	2,2	0,3			4,8		33,0		
070314	09:30	2,2	0,3			4,6		33,0		
070315	07:30	2,2	0,29	26,2	126,8	4,4		33,0		

Försök 13: Försök med lägre spänning 4

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070315	10:30	1,8	0,07	104,0	12,3	4,3			30,0	5,0
070316	11:00	1,8	0,02			4,4		33,0		
070319	07:30	1,8	0,02			4,3		33,0		
070320	07:30	1,8	0,02	95,6	124,4	4,4		33,0		

Anmärkning: Försöket troligen missvisande då strömmen stängdes av under ca 15 minuter. Försöket gjordes om.

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070320	09:30	1,8	0,02	95,6	124,4	4,4		33,0	30,0	5,0
070321	07:00	1,8	0,02			4,4		33,0		
070323	09:00	1,8		93,4	120,3	4,0		33,0		

Försök 14: Försök med lägre startspänning + sänkning

Datum	Tid	Spänning (V)	Ström (A)	Zink (mg/l)	Nickel (g/l)	pH (25°C)	NiCO <sub>3</sub> (pH-just)	Temp. (°C)	Volym (l)	Avstånd anod-katod (cm)
070326	09:39	2,0	0,07	98,0	115,1	4,4		33,0	30,0	5,0
	14:30	1,8	0,02			4,4		33,0		
070327	14:00	1,8	0,02			4,4		33,0		
070328	14:00	1,8	0,02			4,4		33,0		
070329	13:00	1,8	0,02	96,6	120,9	4,4		33,0		

## 4.2 Resultat från försöken

Resultaten av hur mycket zink respektive nickel som fäst på plåtarna kom från Aquapoint i procent. Att anoderna och katoderna vägdes före och efter försöken var bland annat till för att få en uppfattning om försöket fungerat, om elektrolysen gått åt rätt håll. Det visade då om det var lönt att skicka plåtbitar för analys. Vikten visade också hur mycket nickel (i gram) som fällts ut i badet från anoden och bidragit till den befintliga mängden nickel. Om det sedan fällts ut mer nickel från badet eller från anoden på katoderna går inte att avgöra.

Ändring	Försök	Anod (g) Start	Anod (g) Stopp	Katod (g) Start	Katod (g) Stopp	Zn (%) Mot anod *	Zn (%) Från anod	Ni (%) Mot anod	Ni (%) Från anod
2,8 V 5 cm	1					0,5	1,8	99,5	98
2,9 A 5 cm	2	3596	3730	694,92	648,77	0	0	0,1	0,1
2,8 V 5 cm	3	3730	3691	702,06	786,52				
2,8 V 5 cm	4	3873	3862	694,70	771,17	1,3	1,3	99	99
2,8 v 16 cm	5	3862	3848	700,92	757,48	1	3	99- 100	97
2,0 V 5 cm	6	3848	3844	700,94	703,15	12	12	88	88
2,4 V 5 cm	7	3844	3837	703,23	739,67	1,1	1,8	100	100
Svart plåt	8	3837	3821	534,82	636,75	0.3	1,2	100	99
Elgalvad plåt	9	3821		518,28					
Aluminium plåt	10					0,4	0,8	100	99
Tunn rostfri plåt	11	3435	3425	252,79	327,27	0,3	1,1	100	99
2,2 V 5 cm	12	3425	3418	703,14	723,31	1,2	0,9	100	100
1,8 V 5 cm	13 (1)	3418	3416	701,21	702,91				
1,8 V 5 cm	13 (2)	3416	3416	701,24	701,74	0,9	1,2		
2,0 - 1,8 V 5 cm	14	3416	3415	714,95	715,57	3,3	3,3	65	85

\* Mot/Från anod = den sida av katoden som var vänd mot/från anoden



Försök 1:

Ändring: Originalförsök 1

Resultat: Skiktet lossnade från plåten. Orsaken okänd men detsamma skedde en gång i det stora badet under våren 2006 också denna gång med okänd orsak. Pumpen fick bytas till en starkare efter att den andra proppats igen av kristaller som bildades då vätskan i badet svalnade.

Försök 2:

Ändring: Försök med konstant ström

Resultat: Värmeaggregat från ett akvarium installerades för att undvika kristallbildning, vilket fungerade bra trots att temperaturen låg på 33°C istället för 50°C. Det fungerade inte bra att köra på en högre och konstant ström. Efter två dygn inget tydligt skikt på plåten däremot sjönk pH till 1,1 vilket ökade kristallbildningen igen. pH justerades med nickelkarbonat och pH ökade. Efter försöket vägdes anoden och katoden. Katoden hade minskat i vikt och anoden ökat fast det borde ha varit tvärtom. Orsaken var att strömkablarna felkopplats och resultatet blev missvisande.

Försök 3:

Ändring: Originalförsök 2

Resultat: I försöket användes samma anod som i försök 2. Inget synligt lager på plåten vilket kan ha berott på felkopplingen. På Aquapoint fick de inte heller fram något resultat.

Försök 4:

Ändring: Originalförsök 3

Resultat: Anoden byttes ut och spänningen hölls på 2,8 V för att likna det stora badet. Det fungerade. Procentresultaten zink respektive nickel hamnade på de normala värdena.

Försök 5:

Ändring: Försök med större avstånd mellan anod och katod

Resultat: Att öka avståndet mellan anod och katod gav ingen större skillnad i resultat.

Försök 6:

Ändring: Försök med lägre spänning

Resultat: Avståndet ändrades tillbaka till det normala på 5 cm och spänningen sänktes till 2,0 V. Det gav ett bra resultat på 12 % zink och 88 % nickel.

Försök 7:

Ändring: Försök med lägre spänning 2

Resultat: Då sänkt spänning visade sig fungera provades 2,4 V för att se om bara en liten ändring kunde räcka. Det gjorde det inte utan värdena hamnade på vanlig nivå.

Försök 8:

Ändring: Försök med kallvalsad/svart plåt som katod

Resultat: Första bytet av katod blev till en kallvalsad/svart plåt. Den gav inget bra resultat, procentsatserna zink hamnade på något lägre än normalt. Det krävdes också två pH-justeringar.

Försök 9:

Ändring: Försök med elgalvad förzinkad plåt som katod

Resultat: Fungerade inte som katod då ingen ström gick igenom systemet. Det blev bara en matt yta som såg ut att släppa i kanterna. Risken för att kontaminera badet gjorde att en varmgalvad plåt valdes bort då galvaniserade objekt inte verkade bra att använda som katod.

Försök 10:

Ändring: Försök med aluminium som katod

Resultat: Aluminiumplåten gav inget jämnt skikt på plåten. Skiktet bestod av klasar som fick hackas bort. Försöket krävde även två pH-justeringar och gav en låg procent zink.

Försök 11:

Ändring: Försök med tunn rostfri plåt som katod

Resultat: Försöket blev det sista med en annan katod. Det gav inget bättre resultat än de övriga och krävde en pH-justering samt en låg procent zink.

Försök 12:

Ändring: Försök med lägre spänning 3

Resultat: Provade med lägre spänning igen då det gett bäst resultat. Valde den här gången ett värde mellan de två som provats tidigare, 2,2 V. Resultatet blev en liten ökning av zink på plåten men ingen större skillnad.

Försök 13:

Ändring: Försök med lägre spänning 4

Resultat: Provade att sänka spänningen ännu lägre än vad som provats tidigare till 1,8 V men det gav ingen skillnad i resultat från 2,2 V.

Försök 14:

Ändring: Försök med lägre startspänning + sänkning

Resultat: Det sista försöket gjordes för att efterlikna det sätt som IPT rekommenderar. Spänningen startades på 2,0 V och sänktes sedan efter ca fem timmar (mörkare skikt på plåten) till 1,8 V. Det gav den rekommenderade strömmen. Resultatet blev en något högre procent zink (3,3) men värdena på nickel blev något konstiga. Det kan bero på att lite av legeringen från plåten kom med vid analysen enligt Aquapoint.

### 4.3 Cylinder 353 – Från start till resultat

Den ytbehandlingsprocess som cylindrarna går igenom demonstreras här med ett exempel för att få en tydligare bild av förloppet. En motorsågcyylinder kan se ut på olika sätt men i detta fall visas cylinder 353: s väg till det färdiga resultatet. På bild 3 visas cylindern mer i sin helhet och på bild 4 visas en del av cylinderloppet. Cylinderloppet är den enda delen som behöver ytbehandlas då påfrestningen är som störst här på grund av kolven som rör sig fram och tillbaka. (Numreringen 1 – 4 gäller för båda bilderna)

1. Gjuten cylinder
2. Färdigbearbetad (Hål för fäste mm)
3. Ytbehandlad (förnickladd)
4. Henad cylinder, vilket betyder att loppet har anpassats med ett speciellt verktyg för att passa till den motorsåg den är avsedd för. [1]

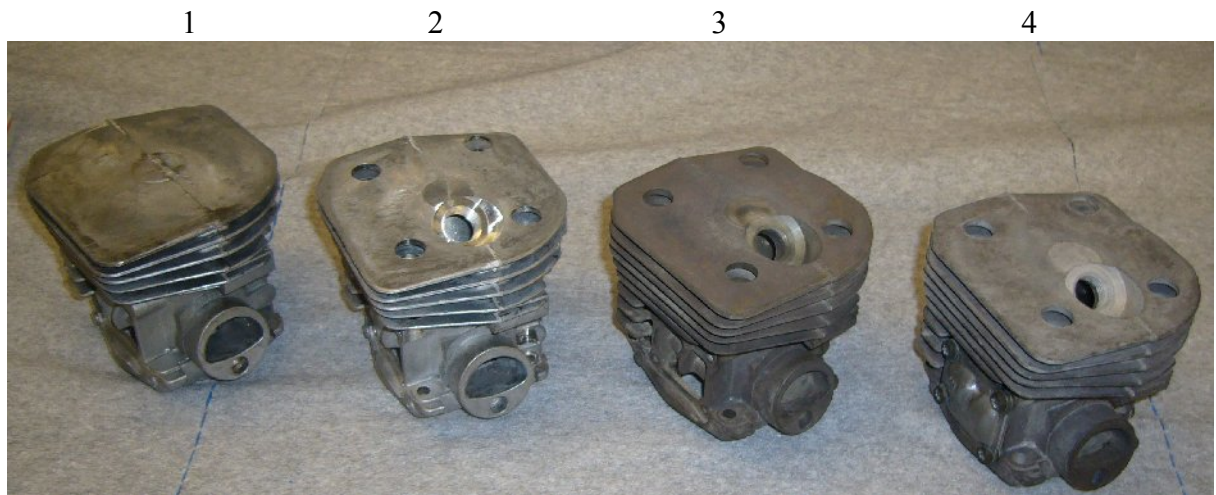


Bild 3. Cylinder 353 [070503]



Bild 4. Cylinderloppet på cylinder 353 [070503]

## 5 Slutsats och diskussion

Vi kom fram till att en spänning på 2,0 V gav bäst resultat. Om det är den optimala spänningen går inte att avgöra då de närmaste mätningarna låg på 1,8 V och 2,2 V men någonstans där emellan borde det bästa värdet ligga. Vid 2,0 V försvann inget nickel ur vårt bad, ingen pH-justering var nödvändig samt anoden minskade endast med 4,0 g, alltså en minimal åtgång av nickel. Två av våra testplåtar gav lite sämre resultat än det normala men de kunde ha varit värda fler försök med t ex olika spänning då priset är lägre än för den plåt som används idag. En ökning av avståndet känns inte som ett alternativ då en mycket större katodyta skulle krävas för resultat som ligger nära de normala.

Det går inte vara helt säker på att vårt resultat kan överföras till det selektiva badet som har fler parametrar att ta hänsyn till. Då 2,0 V är det rekommenderade värdet från IPT samt att vi fick det som bästa resultat ger en indikation på att det kan fungera. Vi behövde inte sänka strömmen då den låg på en konstant bra nivå, det kan ändras i ett större bad med andra faktorer. Den största svagheten i vårt val av metod är förlusten av flera parametrar, speciellt med tanke på att badet ingår i ett system vilket vårt inte gjorde. Ett enklare sätt att få fram ett resultat vore att beräkna zinks reaktionshastighet men det resultatet skulle då endast bli teoretiskt och ge en mindre trovärdighet. Fördelen med vårt sätt att arbeta är att alla ämnen som ingår i systemet har använts, möjligheten att byta katod för att se om ett annat ämne fungerat bättre är en annan fördel.

Vi testade endast ett fåtal plåtar som katod, varav ett par inte fungerade elektrolytiskt. De plåtar vi provade kom från Mo Mekaniska verkstad i Bottnaryd. Vid upptäckten att skillnaden på plåtarna inte spelade så stor roll men att spänningen gjorde det koncentrerade vi oss på spänningen. Det gjorde vi med tanke på vårt tidschema och att det kändes mer relevant för Husqvarna. Naturligtvis kunde fler plåtar provats som katod med samma respektive olika spänningsintervall.

Tillsammans med Stefan diskuterades också möjligheten att byta anod t ex använda en som inte skulle bidra med några joner. De nickelanoder som används idag ökar mängden nickel i badet vilket visades tydligt när anoderna vägdes efter försöken. I nästan alla försök vägde anoden mindre efter elektrolysen än före vilket betyder att nickeljoner frisläppts i badet. Hur mycket det påverkar elektrolysen är svårt att avgöra men ett byte av anod skulle kunna vara värt att testas.

I vårt fall handlade det om en blyanod med aluminiumkärna eftersom de redan används i andra delar av processen. På grund av dålig passform till vår testbalja (svårigheter i att skapa en fästanordning) och tidsbrist prioriterades byte av anod bort. Vi diskuterade om zink skulle kunna fällas ut på något annat sätt, som ett salt eller pulver och sedan filtreras bort. Det hade blivit mycket svårare, en helt ny konstruktion och andra tester hade krävts.

Husqvarna AB hade även behövt en omfattande omstrukturering av processen vilket kräver tid och pengar. Ett annat sätt vore att minska användningen av zink. Zink behövs endast i cylinderloppet och i zinkatbadet doppas hela cylindern vilket ger ett överskott. Det skulle innebära en ännu större omstrukturering.

Det ”optimala” för Husqvarna vore alltså att sänka spänningen till ca 2,0 V. Det kräver att de skaffar en större katodyta för att kompensera den minskade reaktionshastigheten. Att flytta anoder och katoder närmare varandra är inte något alternativ då plåtarna skulle behöva bytas oftare för att inte gå i varandra och orsaka kortslutning. Det enklaste tillvägagångssättet vore att placera ett till bad anslutet till det gamla.

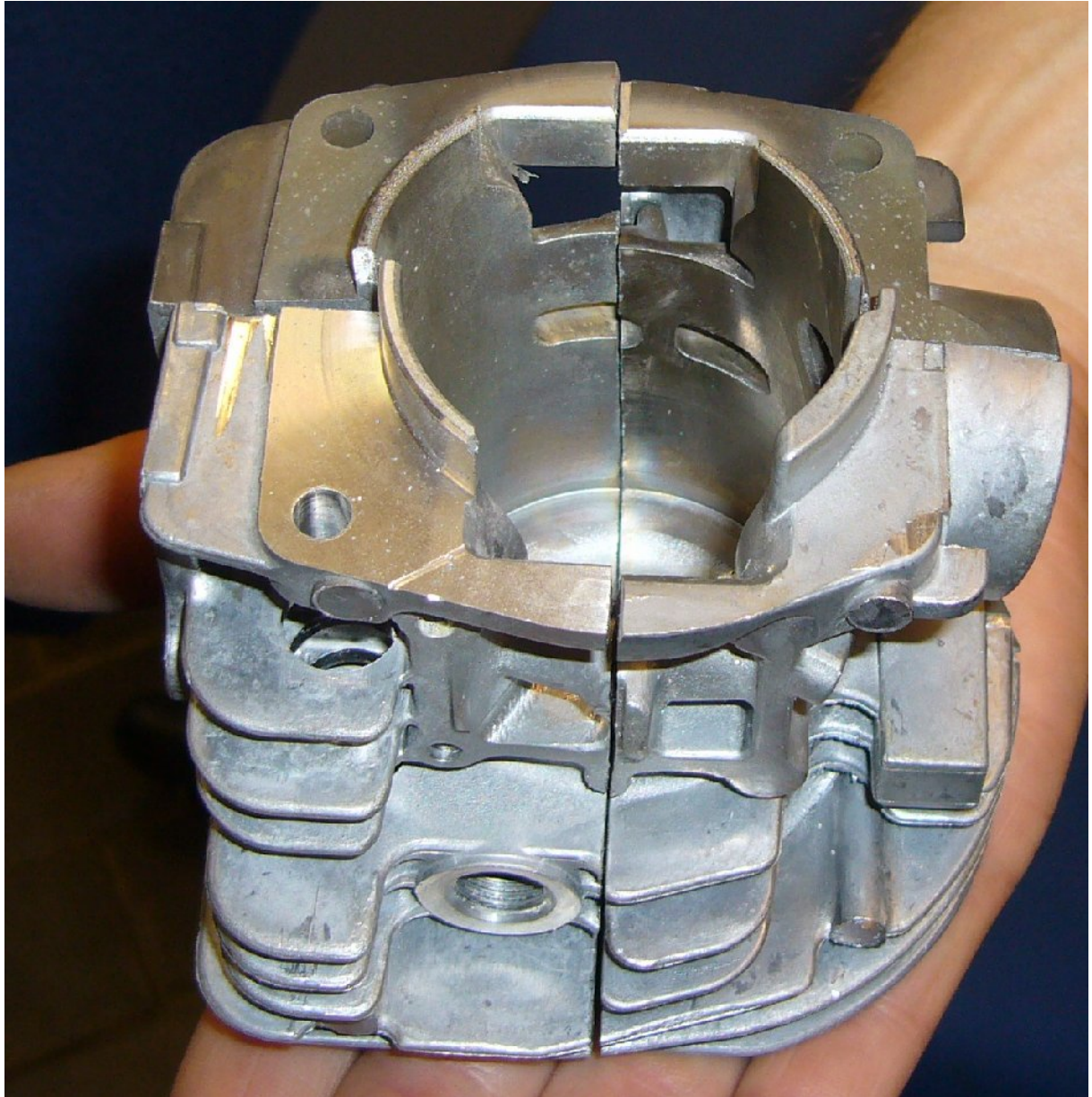


Bild 5. Demonstrationsexemplar (alla 4 delar) av cylinder 353 [070503]

---

## 6 Referenser

- [1] Blidberg Stefan. Processtekniker Husqvarna AB
- [2] Husqvarna AB  
<http://www.husqvarna.se> (Acc: 070201)
- [3] Husqvarna AB  
<http://www.husqvarna.com> (Acc: 070201)
- [4] Oxtoby David W., Gillis H. P. & Nachtrieb Norman H. (2002). *Principles of chemistry*. 5. uppl. Willand: R.R Donneley & sons. Sid 1.8 Index.
- [5] Zumdahl Steven S. (2002). *Chemical principles*. 4. uppl. Boston: Houghton Mifflin Company
- [6] Atkins Peter, de Paula Julio. (2005). *Elements of physical chemistry*. 4. uppl. Oxford: University press.
- [7] Ekbohm Lennart. (1980) *Tabeller och formler N T Te*. 1. uppl. Stockholm Esselte studium AB
- [8] Frank et al. Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry.  
[http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a01\\_459/current/abstract](http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a01_459/current/abstract) [070120]
- [9] Gunter G. Graf. Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry.  
[http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a28\\_509/current/abstract](http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a28_509/current/abstract) [070120]
- [10] Derek G.E. Kerfoot. Ullmann's Encyclopedia of Industrial chemistry.  
[http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a17\\_157/current/abstract](http://www.mrw.interscience.wiley.com.bibl.proxy.hj.se/emrw/9783527306732/ueic/article/a17_157/current/abstract) [070120]