

**KORROSIONSBESTANDIGHED AF
DUPLEX OG AUSTENITISK RUSTFRIT STØBEGODS**

Annemette Riis

Grundfos a/s

ABSTRACT

The investment casting process (also known as lost wax casting) offers a number of advantages such as close dimensional tolerances, ability to produce thin wall sections and excellent surface finish. For Grundfos, these characteristics have made casting of stainless steel parts a cost effective alternative to manufacturing processes of pump parts based on for example sheet forming.

Like wrought grades, stainless steel castings are normally used in aggressive environments, because their corrosion resistance is higher than the one for low alloyed and unalloyed steel.

In order to produce corrosion resistant stainless steel, it is very important to control the casting's chemical composition, the heat treatment and the cooling rate. Neglecting to control these factors can lead to microstructures with precipitation of undesired intermetallic phases, (such as sigma- and chi-phase), precipitations, (such as carbides and nitrides) or to micro-segregation. If that happens, it may have a negative impact on the casting's corrosion resistance.

However, chemical composition that do not comply with specifications, insufficient heat treatment and insufficient cooling rates, are problems that still exist in today's production of stainless steel castings. Consequently, this has led to unexpected corrosion failures of cast components and thereby in an increase in maintenance and replacement costs. This puts emphasizes on how important it is to work closely with the manufacturer in order to ensure that the required quality of corrosion resistant stainless steel castings is attained.

This paper examines the microstructure of both failed parts and initial samples of duplex, (SAF 2205 and EN 1.4517) and austenitic, (EN 1.4408 and EN 1.4584) stainless steel castings. Typical occurring precipitations such as sigma-phase, nitrides as well as micro-segregations are identified. Depletion of alloying elements such as chromium and molybdenum (due to the formation of precipitates) as well as depletion of nitrogen (due to use of internal scrap) is related to corrosion resistance.

1. INDLEDNING

Lost-wax støbning gør det muligt at fremstille tyndvægget gods med fine tolerancer og en god overfladekvalitet. Derfor er lost-wax støbning af rustfrit stål blevet et interessant alternativ for Grundfos til fremstilling af pumpekomponenter der tidligere blev fremstillet ved pladeformgivning. Endvidere er der den fordel ved støbning, at der kan støbes geometrier der gør det muligt at undgå gevindsamlinger, sammensvejsninger osv.

Men kemiske sammensætninger som ikke imødekommer specifikationerne og utilstrækkelig varmebehandling kan føre til dannelse af uønskede intermetalliske faser som f.eks. sigma fase, udfældning af nitrider og karbider samt sejring. Desværre er der til stadighed problemer med specifikationer som ikke bliver overholdt, hvilket kan medføre uventede pumpehavarier og deraf følgende stigninger i vedligeholdelsesomkostninger. I mange tilfælde er støberierne ikke tilstrækkeligt opmærksomme på, hvor vigtig et støbt emnes metallurgi er for korrosionsbestandigheden. Derfor er det vigtigt at samarbejde med producenten for at sikre at man får netop den kvalitet rustfrit støbegods man har brug for. Overspecificering fører som regel til ekstra omkostninger og længere leveringstid. Derfor, vælger man som oftest den specifikation der med færrest mulige tilpasninger opfylder de nødvendige krav.

I denne artikel vil vi undersøge de støbekvaliteter som Grundfos bruger til fremstilling af pumpekomponenter. I tabel 1 kan du finde en oversigt over de forskellige typer. Det er en almindelig antagelse at rustfrit støbegods har de samme egenskaber som den tilsvarende valsede kvalitet. Det er dog ikke tilfældet. Generelt set har støbekvaliteterne andre mekaniske og korrosionsmæssige egenskaber sammenlignet med de tilsvarende valsede kvaliteter og i

mange tilfælde opfylder støbekvaliteterne slet ikke de forventede krav. Denne overbevisning har i mange tilfælde medført en manglende kvalitetskontrol af rustfrit støbegods.

Tabel 1: Kemisk sammensætning [vægt%] af rustfrit støbegods der bliver anvendt af Grundfos

Rustfrit Støbegods EN/ASTM	C max.	Cr	Ni	Mo	Andre	Tilsvarende valset kvalitet EN/ASTM
1.4408/CF8M	0.07	19	10.5	2.25	-	1.4401/316
1.4462 ¹⁾ /UNS S31803	0.03	22	5	3	N: 0.12-.20	1.4462
1.4517/ CD4MCuN	0.03	25	6	3	N: 0.12-.22	Ingen
1.4584/Ingen	0.03	20	24	4.5	Cu: 1.0-3.0	1.4539/904L

1) Her bliver valset råmateriale brugt til støbning. Svarer til rustfrit støbegods EN 1.4470 og ASTM i CD3MN.

2. MIKROSTRUKTUR

Mikrostrukturen er bestemt af både den kemiske sammensætning og af varmebehandlingen. Valset materiale har ofte en udtalt tekstur hvorimod støbninger udviser mere ensartede egenskaber i alle retninger. Herudover er rustfrit støbegods karakteriseret ved en mikrostruktur der består af store korn og med tendens til sejringer.

Tabel 2 viser de støbte kvaliteters mikrostruktur i udglødet tilstand. Hvor den valsede 1.4401 kvalitet har en enfaset austenitisk mikrostruktur, har den tilsvarende støbte kvalitet CF8M en mindre mængde ferrit-øer fordelt i den austenitiske matrix (se illustration 1). Dette er en fordel i forbindelse med svejsning (se afsnit 5), men omvendt fremmer den dannelse af uønsket sigmafase, der kan fremkomme ved omdannelse af ferrit. Det høje indhold af nikkel i 1.4584 fører derimod til en helaustenitisk mikrostruktur i støbt tilstand. 1.4584 har dog på grund af sit høje indhold af molybdæn en udbredt tendens til sejringer, som er vanskelig at undgå, selv ved en korrekt udført udglødning (se afsnit 4.1.4 og illustration 2). Andelen af henholdsvis austenit og ferrit i duplex 1.4462 og 1.4517 bestemmes ikke kun af den kemiske sammensætning af basismaterialet. Varmebehandlingen, som har en stor indflydelse på fordelingen af legeringselementerne mellem de to faser, ferrit og austenit, spiller ligeledes en vigtig rolle.

Tabel 2: Mikrostruktur af rustfrit støbegods

Rustfrit støbegods EN/ASTM	Mikrostruktur	
	1.4408/CF8M	To-faset
1.4462 ¹⁾ /UNS S31803	To-faset, duplex	Ferrit matrix med ca. 40-50 vol% austenit
1.4517/ CD4MCuN	To-faset, duplex	Ferrit matrix med ca. 40-50 vol% austenit
1.4584/Ingen	En-faset	Austenit

1) Her bliver valset råmateriale brugt til støbning

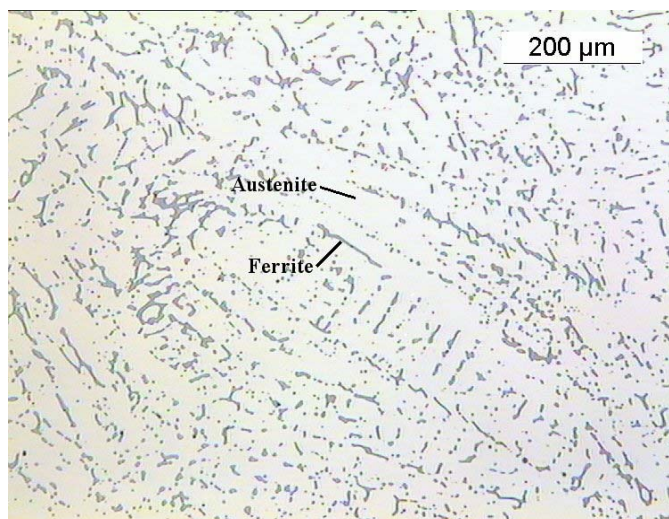


Illustration 1. Mikrostruktur i 1.4408

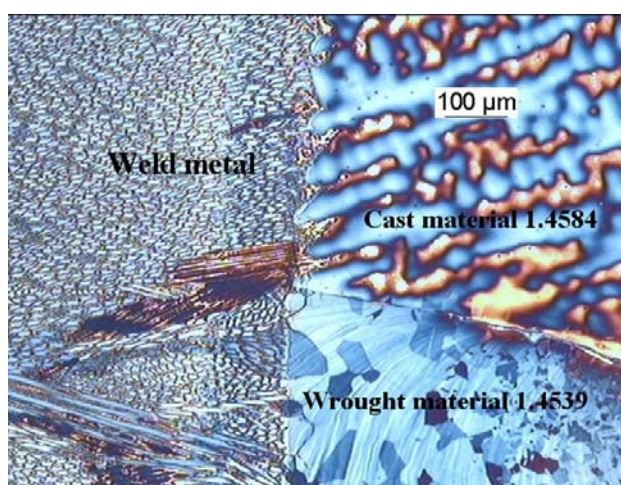


Illustration 2. Forskellige mikrostrukturer i austenitisk rustfrit stål

3. KEMISK SAMMENSÆTNING

Der er flere forskelle på valsede kvaliteter og støbte kvaliteter, og en af dem er deres kemiske sammensætning. For at øge smeltens flydeevne og i det hele taget forbedre støbeevnen er der små afvigelser i den kemiske sammensætning. Støbte kvaliteter specificeres endvidere altid i henhold til en bestemt varmbehandling for at sikre en korrekt mikrostruktur. De mest betydningsfulde legeringselementer krom, nikkel og molybdæn holdes normalt indenfor specifikationen. Det er indholdet af legeringselementer som nitrogen (i 1.4462 og 1.4517) og kulstof (i 1.4517 and 1.4584) som i visse tilfælde har afvejet fra specifikationen.

3.1 Kulstof

En mindre overskridelse af kulstofindholdet i henhold til specifikationen har ikke markant indflydelse på korrosionsbestandigheden. Kromkarbider kan dannes, men de er vanskelige at identificere ved hjælp af mikroskopi. Karbiderne udskilles også typisk sammen med den intermetalliske fase, sigmafase, (se afsnit 4.1.2), som normalt er tilstede i en meget højere koncentration.

3.2 Nitrogen i duplex rustfrit støbegods (Kromnitrider, se afsnit 4.1.3)

For at stabilisere austenitfasen og dermed sikre et korrekt forhold af ferrit og austenit tilsættes rustfrit stål nitrogen (se tabel 1). Nitrogen spiller endvidere en vigtig rolle for austenitfasens

korrosionsbestandighed. Et lavt indhold af nitrogen reducerer korrosionsbestandigheden af austenitfasen betydeligt. Resultaterne af en korrosionstest af 1.4517 med forskelligt indhold af nitrogen viser tydeligt dette, se tabel 3. Desværre er det ikke alle støberier der har det nødvendige udstyr til at tilsætte nitrogen til smelten. Resultatet er støbninger med et for lavt indhold af nitrogen, især i de tilfælde hvor der bruges skrot (se afsnit 7.2 og 7.3).

Tabel 3: Resultater fra eksponeringstest af 3 prøver i 1.4517 med forskelligt nitrogen indhold. (varmebehandling ved 1050°C efterfulgt af bratkøling i vand.)

Rustfrit støbegods 1.4517		Eksponering i 6% FeCl ₃ ved 20°C, i 24 timer
Nitrogen indhold [vægt%]	Intermetallisk faser	Vægttab, mg/cm ²
Under 0.04	Sigmafase	14
0.084	Ingen	1.2
0.112	Ingen	0.02

4. UDGLØDNING

At fremstille rustfrit stål med den bedst mulige korrosionsbestandighed afhænger i høj grad af opnåelsen af en jævn og ensartet fordeling af legeringselementer i grundmaterialet. F.eks. kan dannelsen af intermetalliske faser som sigmafase betyde at korrosionsbestandigheden falder. Derfor er det hensigtsmæssigt at udgløde rustfrit støbegods for hermed at opløse de uønskede faser eller udfældninger der kan dannes i forbindelse med den langsomme afkøling i støbeformen. Korrosionsbestandige støbninger er altid varmebehandlet og bratkølet for at opløse de intermetalliske faser og udfældninger, og der findes mange standarder der omfatter udglødningparametre for forskellige kvaliteter af rustfrit støbegods. Det er dog vanskeligere at opnå homogene ensartede støbninger sammenlignet med valsede legeringer fordi udfældningerne er grovere. Desværre er utilstrækkelig varmebehandling og især for langsom afkøling et af de mest udbredte problemer med rustfrit støbegods. De udfældninger og intermetalliske faser som hyppigt forekommer, kan ses i tabel 4. Det høje indhold af ferrit som er fundet i 1.4462 er dannet på grund af et for lavt indhold af nitrogen, (se afsnit 7.2).

Tabel 4: Sekundære faser fundet i rustfrit støbegods.

Rustfrit støbegods EN/ASTM	Identificerede faser og udfældninger	Sammensætning	Varmebehandling
1.4408/CF8M	Sigmafase	OK	1060°C bratkøling i vand
1.4462 ¹⁾ /UNS S31803	Sekundær austenit	OK	1050°C bratkøling i vand
	Meget højt indhold af ferrit	Lavt N	1050°C bratkøling i vand
1.4517/ CD4MCuN	Sekundær austenit	OK	1100°C bratkøling i vand
	Sigmafase	Lavt N	1050°C luftkøling
	Kromnitrid	OK	1100°C bratkøling i vand
1.4584/ingen	Sejring med Mo- and Cr-rige udfældninger	OK	1120°C/1180°C bratkøling i vand

1) Her er valset råmateriale brugt til støbning

4.1 SEKUNDÆRE FASER

Sejring og udfældning af sekundære faser kan udover at forværre korrosionsbestandigheden ved at opbruge legeringselementer (hovedsageligt krom og molybdæn), gøre materialet sprødt og dermed reducere slagstyrken. I de følgende afsnit vil vi gennemgå karakteristika ved sejring og de mest almindelige typer sekundær faser.

4.1.1. Sekundær austenit

Langsom opvarmning gennem et temperaturområde fra omkring 1000°C til 1150°C fører til dannelsen af sekundær austenit (se illustration 3) i ferritfasen [6]. I både 1.4462 og 1.4517 er der også fundet sekundær austenit i udglødet tilstand. Eksponeringstest af 1.4462 i 6% FeCl₃ i både "as-cast" tilstand (sekundær austenit ikke tilstede) og i udglødet tilstand ved 1050°C (sekundær austenit tilstede) viste ikke mere udtalt korrosion af den sekundære austenit sammenlignet med primær austenit. Illustration 4 viser at både den primære og den sekundære austenit i den udglødede prøve bliver angrebet. Det er i overensstemmelse med de resultater der er præsenteret i reference [6].

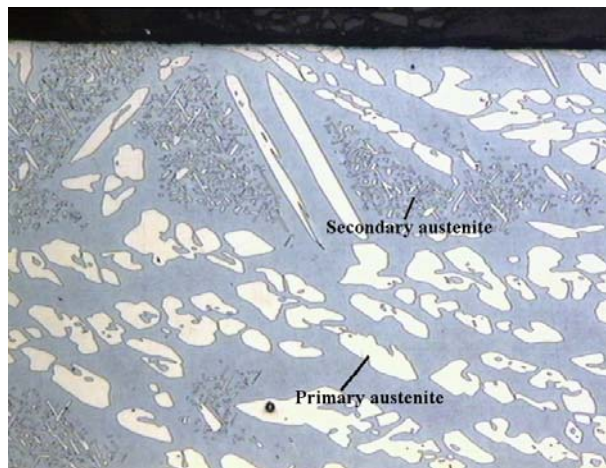


Illustration 3. Mikrostruktur i støbt 1.4517 (primær og sekundær austenit)

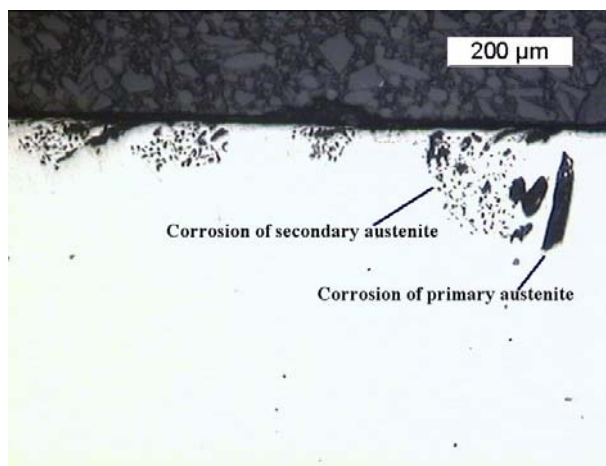


Illustration 4. Korrosion i primær og sekundær austenit i støbt 1.4517

4.1.2 Sigmafase (jern-, krom- and molybdænrig fase)

Krom- og molybdænholdige legeringer er følsom for udfældning af intermetalliske faser (i temperaturintervallet 700-950°C), især når de ikke er korrekt varmebehandlede. Under sådanne omstændigheder, kan ferrit dekomponere og omdannes til sigmafase og regenereret austenit, som vist i illustration 5 og 6. Risikoen for dannelse af sigmafase øges derfor ved

tilstedeværelsen af legeringselementer som fremmer dannelse af ferrit såsom krom, molybdæn og silicium. Sigmafases sammensætning kan være temmelig kompleks og varierende. Legeeringselementer som kulstof, nitrogen og nikkel har en hæmmende effekt på dannelsen af sigmafase på grund af deres evne til at stabilisere austenitfasen [3]. Andre intermetalliske faser såsom chi- og Laves fase kan også dannes, men de kaldes ofte under et for sigmafase. Effekten på korrosionsbestandigheden er næsten den samme.

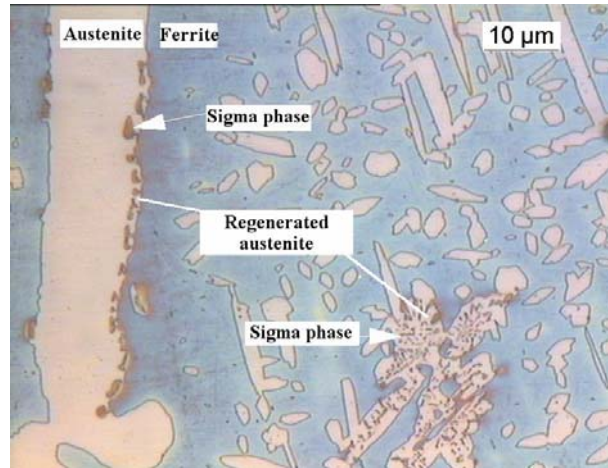


Illustration 5. Sigmafase i duplex 1.4517

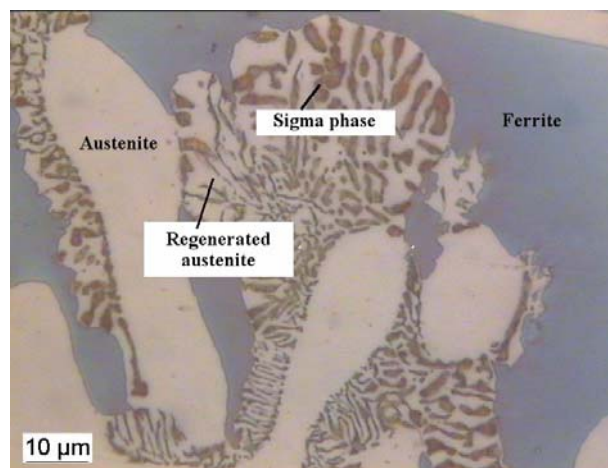


Illustration 6. Sigmafase i duplex 1.4517

4.1.3 Kromnitrider

For at stabilisere og forbedre austenitfasens korrosionsbestandighed, er duplex rustfrit stål legeret med nitrogen. Nitrogens opløselighed er meget lav i ferritfasen og på grund af den deraf følgende overmætning af nitrogen i ferritfasen under afkøling, vil kromnitrider (mørke prikker, se illustration 7) blive dannet både i kornene og på korngrænserne i ferritfasen.

Grænseområdet mellem austenit og ferrit er fri for nitrider fordi en vis diffusion af nitrogen til austenitfasen er mulig under bratkølingen. Ingen nitrider blev fundet i austenitten som har en meget højere opløselighed af nitrogen end ferrit har [5]. Kromnitrider i mindre mængde har ikke nogen særlig indflydelse på korrosionsegenskaberne.

4.1.4 Sejringer

Når højtlegeret rustfrit stål bliver støbt eller svejset kan der forekomme sejring af legeringselementerne under størkning. Sejring forekommer i den interdendritiske smelte som følge af udskillelse af legeringselementer fra de størknede dendritter [4]. Blandt de kvaliteter som er omtalt i denne artikel forekommer der kun udtalte sejring i den helaustenitiske

kvalitet 1.4584. Som det fremgår af illustration 2 er der sejring i både det støbte grundmateriale og i svejsezonen. Det er først og fremmest molybdæn som er ansvarlig for sejringen. Udglødning udjævner i en vis udstrækning sejringen, men det kan ikke undgås fuldstændig. Sejring i svejseområdet er ikke lige så udtalt som i støbematerialet. To faktorer kan forklare dette: For det første foregår størkningen i svejsningen meget hurtigere end i grundmaterialet. For det andet har tilsatsmaterialet -som anvendes ved reparations svejsning- en sammensætning som bevirker at svejsezonen bliver mindre følsom for sejring.

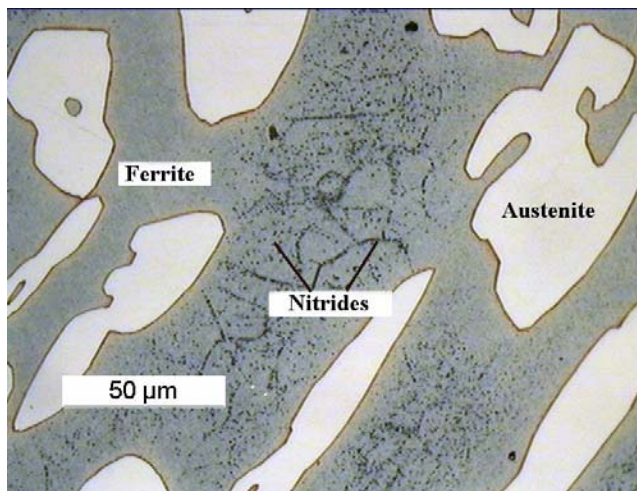


Illustration 7. Kromnitrider i duplex 1.4517 udglødet ved 1100 C

5. REPARATIONSSVEJSNING

I modsætning til valsede produkter, er det normal praksis at reparere defekter i støbte emner ved svejsning. Praksis er endvidere at reparere de synlige defekter før udglødning. Et vist ferritindhold i 1.4408 er fordelagtigt fordi ferrit undertrykker støbningens tendens til varmerevner i forbindelse med reparation ved svejsning. Støbte helaustenitiske rustfrie stål er i denne forbindelse sværere at have med at gøre. For at undgå varmerevner i forbindelse med reparations svejsning af austenitisk 1.4584 skal man træffe særlige forholdsregler. I illustration 8 vises nogle få varmerevner under materialets overflade som kan godtages. Reparations-svejsning af duplex 1.4462 og 1.4517, er ikke tilladt.

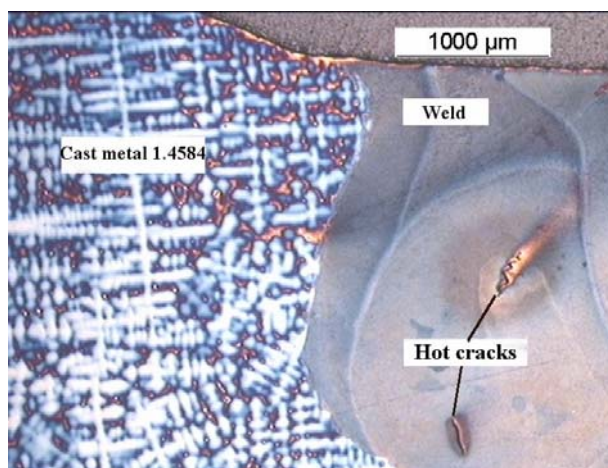


Illustration 8. Varmerevne i svejsning (austenitisk 1.4584)

6. OVERFLADEBEHANDLING

Rustfrit ståls korrosionsbestandighed påvirkes i høj grad af overfladekvaliteten. En overflade uden defekter, sandblæst og bejdset, har den bedst mulige korrosionsbestandighed. Støbninger med overfladefejl, har derfor en lavere korrosionsbestandighed end tilsvarende valsede produkter. Typiske defekter der kan forekomme i forbindelse med støbning er: inhomogen overflade, porøsiteter (sugninger, gas), indeslutninger (sand og oxider), og varmerevner. Illustration 9 viser hvilke overfladefejl der kan forekomme på sandstøbte dele (1.4408) på grund af forurening med sand fra støbeformen. Overfladekvaliteten på lost-wax støbte emner er langt bedre end for tilsvarende sandstøbte emner, og derfor er korrosionsbestandigheden af lost-wax emner også bedre. Dette betyder at lost-wax støbninger er at foretrække i meget korrosive applikationer. I tabel 5, kan du se resultaterne fra eksponeringstest af to prøver (udtaget fra samme emne) med henholdsvis en bearbejdet og støbt overflade. Som det fremgår af resultaterne, har overfladekvaliteten stor indflydelse på korrosionsbestandigheden. Højere korrosionsbestandighed opnås på en bearbejdet overflade som er uden overfladefejl.

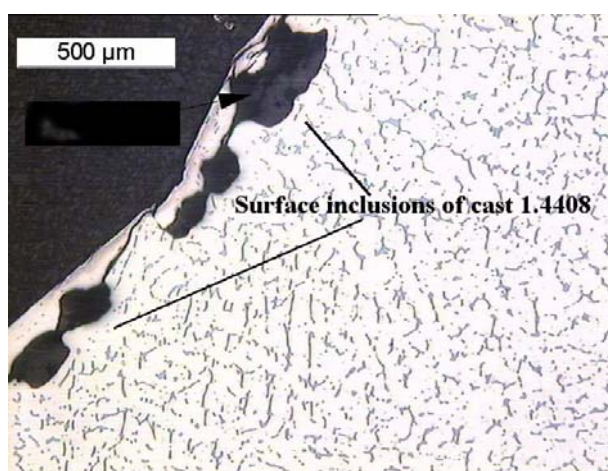


Illustration 9. Indeslutninger i overfladen på sandstøbt 1.4408

Tabel 5: Eksponering af emner med forskellig overfladekvalitet i 6% FeCl₃ i 24 timer.

Temperatur	Materiale	Overfladekvalitet	Vægt inden test [g]	Vægt efter test [g]	Vægttab [g]
20° C	Sand støbning 1.4539 ¹⁾	Bearbejdet overflade	49.2968	49.2738	0.0230
20° C	Sand støbning 1.4539 ¹⁾	Støbt overflade	56.1988	55.9194	0.2794

1) Emnerne var støbt i 1.4539 som har en kemisk sammensætning tæt på 1.4584.

7. KORROSIONSBESTANDIGHED

På grund af forskel i metallurgi og i overfladekvalitet, har rustfrit støbegods andre korrosionsegenskaber end de tilsvarende valsede kvaliteter. Dette fremgår sjældent af tilgængelige korrosionsdata, hvilket er vigtigt holde sig for øje. En dårlig overfladekvalitet eller dannelsen af intermetalliske faser som sigmafase vil reducere rustfrit støbegods' korrosionsbestandighed betydeligt. 1.4408 bruges i "lette" industrielle applikationer, hvorimod duplex 1.4462, 1.4517 og austenitisk 1.4584 bruges i mere aggressive applikationer, f.eks. havvand. Generelt gælder det at rustfrit ståls korrosionsbestandighed i

havvand er begrænset og derfor er det vigtigt at fokusere på materialets korrosionsegenskaber. I de følgende afsnit kan du læse om korrosionsproblemer observeret på rustfrit støbegods og om testresultater fra eksponeringstest i jernklorid (6% FeCl₃). Alle problemerne kan henføres til enten forkert metallurgi eller dårlig overfladekvalitet på de støbte emner.

7.1 Kvalitet 1.4408

En sandstøbt pumpedel i 1.4408 var dækket med rød rust på overfladen efter bejdsning. Som det fremgår af illustration 10, viste analysen af mikrostrukturen tilstedeværelse af sigmafase, som er fremkommet (ved omdannelse af ferritfasen) på grund af utilstrækkelig køling i forbindelse med udglødningen. Sigmafase udtynder det omgivende metal for krom og molybdæn og fasegrænsen bliver derfor mere modtagelig for korrosionsangreb, (de mørke områder på illustration 11). Det kan se ud som om det er sigmafase der er korroderet, men det er ikke tilfældet. Faktisk er det det krom- og molybdænfattige metal på fasegrænsen mellem sigmafase og austenit, som er blevet angrebet og bevirker at sigmafase-partikler ”falder ud”.

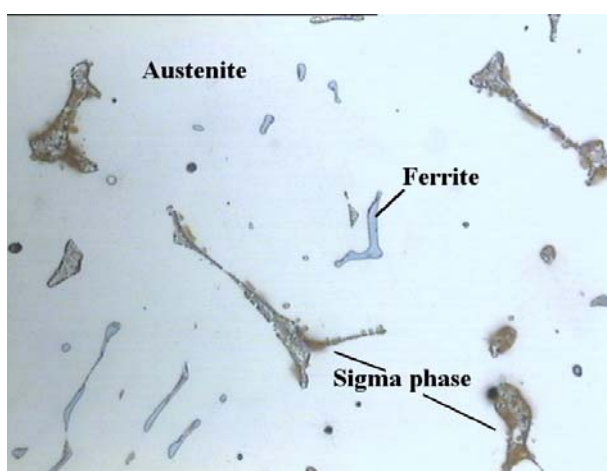


Illustration 10. Sigmafase i 1.4408

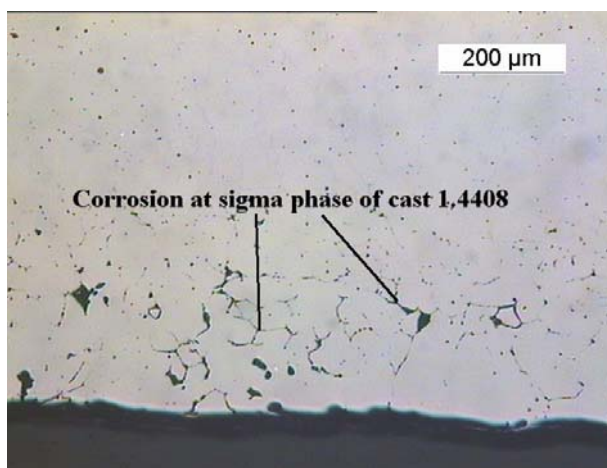


Illustration 11. Korrosion omkring sigmafase i 1.4408

7.2 Kvalitet 1.4462

Illustration 12 viser korrosion på støbte dele i 1.4462 der har været brugt i havvand. Den metallografiske analyse afslørede at austenitfasen var udsat for selektiv korrosion. Ingen intermetalliske faser eller udfældninger blev fundet, men den kemiske analyse af materialet viste at nitrogen indholdet var for lavt (0.03 vægt%) i forhold til det specificerede, (som er 0.12-0.22 vægt%). Som resultaterne i tabel 3 tydeligt viser, har det en negativ indflydelse på

austenitfasens korrosionsbestandighed. I dette tilfælde blev forholdet mellem austenit og ferrit ikke påvirket af det lave nitrogenindhold, men i andre tilfælde er der fundet et meget lavt indhold af austenit. Årsagen er at der er brugt skrot med et lavt nitrogenindhold. Uden tilsætning af nitrogen til smelten kan man ikke undgå at få en støbning med et lavt nitrogenindhold.

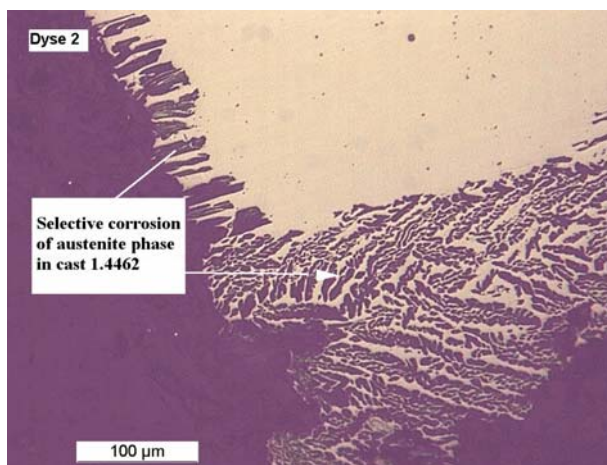


Illustration 12. Selektiv korrosion i austenitfasen i støbt duplex 1.4462

7.3 Kvalitet 1.4517

I den samme havvandsapplikation som vi nævnte i afsnit 7.2 fandt vi korrosion på et fejlet støbt emne i 1.4517. Men i dette tilfælde blev der fundet en stor mængde sigmafase i mikrostrukturen (se illustration 6 og 13). Herudover var indholdet af nitrogen også i dette tilfælde for lavt (0.04 vægt%). Det viste sig at de støbte emner var blevet luftkølet og ikke bratkølet som det specificeres i forbindelse med udglødning, og som følge deraf blev der dannet sigmafase. Som nævnt i afsnit 7.1, fremmer sigmafase et selektivt angreb på faseovergangen mellem sigmafase og det omgivende regenererede austenit, der er dannet i forbindelse med omdannelsen af ferrit til sigmafase, se illustration 14. Denne prøve er ikke fra det fejlede emne, dog er korrosionsangrebet identisk med angrebet observeret på det fejlede emne. Som det fremgår af illustrationen er der også nitrider til stede i ferritfasen. Dette er ikke dog ikke tilfældet for det fejlede støbte emne på grund af det lave nitrogen indhold. Udfældning af kromnitrider kan øge risikoen for korrosion, men som det fremgår af illustration 14, gør sigmafase materialet meget mere udsat for korrosionsangreb.

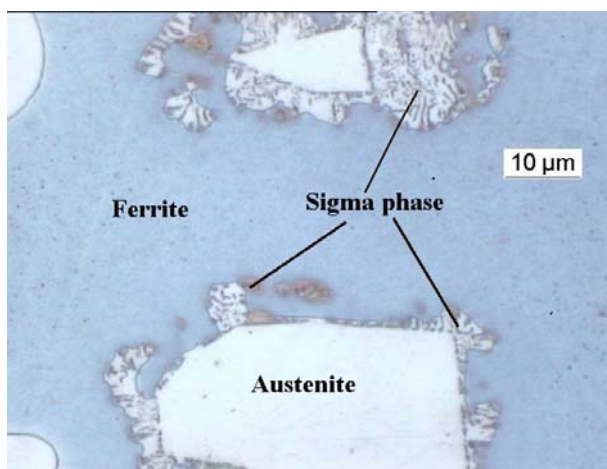


Illustration 13. Sigmafase i duplex 1.4517

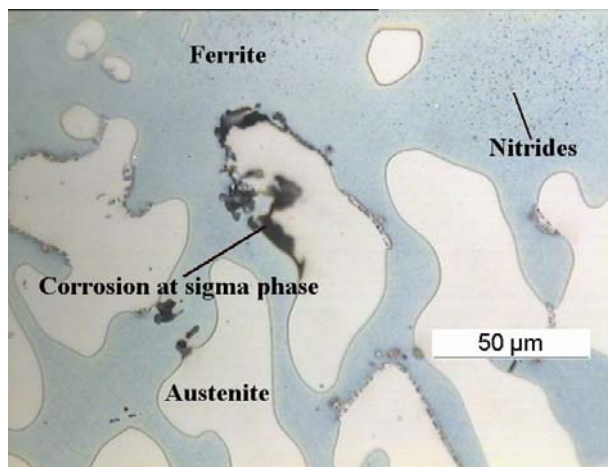


Illustration 14. Korrosion omkring sigmafase i duplex 1.4517

7.4 Kvalitet 1.4584

Betragtningerne omkring korrosionsegenskaberne af 1.4584 er baseret på laborietest og ikke på konkrete erfaringer da denne type rustfrit støbegods endnu ikke er fuldt ud implementeret. Som nævnt tidligere er 1.4584 helaustenitisk og dermed udsat for sejring. Under størkningen er sejringen i dette tilfælde så udtalt at den interdendritiske smelte bliver overmættet med legeringselementer. Som det fremgår af figur 15 fører det til udfældning af en intermetallisk fase.

SEM-EDX analysen viste at den intermetalliske fase hovedsageligt består af molybdæn og krom. Udglødning ved 1180°C (tidligere 1120°C) resulterede kun i en moderat reduktion af mængden af den molybdæn- og kromholdige intermetalliske fase. En metallografisk undersøgelse af 1.4584-prøver efter eksponeringstest i 6% FeCl₃, viste at de primær størknede dendritter som har et lavere indhold af molybdæn og krom er mere udsat for korrosion end de interdendritiske områder, se illustration 16.

Rustfrit støbegods 1.4584 bruges i aggressive applikationer og derfor kan en dårlig overfladekvalitet ikke accepteres, se illustration 17. Som det fremgår af dette slib, starter korrosionen ved en mikro-revne hidrørende fra sand og/eller oxidindeslutninger på det støbte emnes overflade.

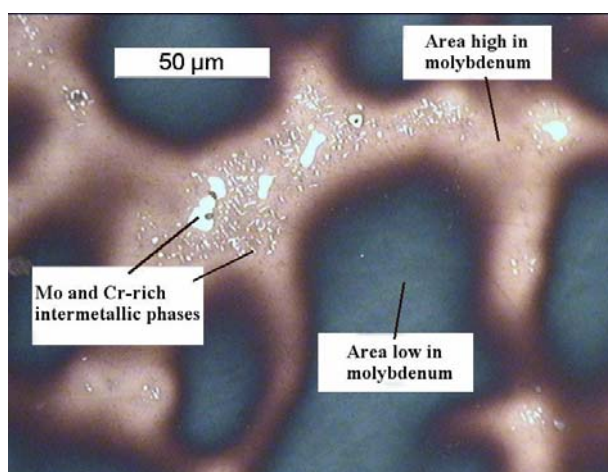


Illustration 15. Sejring med intermetallisk faseudskillelse i austenitisk 1.4584

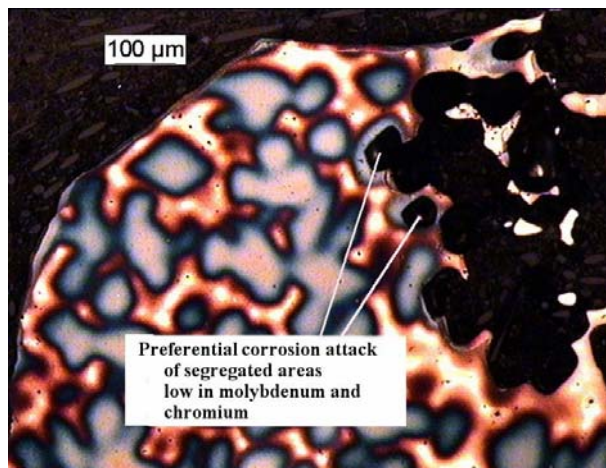


Illustration 16. Selektiv korrosion i område med sejring i austenitisk 1.4584



Illustration 17. Korrosion ved indeslutninger i overfladen på sandstøbt austenitisk 1.4584

8. KONKLUSION

Både erfaringer fra markedet og korrosionstest i laboratoriet har vist, hvor vigtigt det er at sikre at korrosionsbestandigheden af rustfrit støbegods så vidt muligt svarer til korrosionsbestandigheden af tilsvarende valsede produkter. Desværre overser nogle støberier betydningen af rustfrit støbegods metallurgi. Resultatet er støbninger af dårlig kvalitet, forårsaget af ukorrekt kemisk sammensætning, utilstrækkelig varmebehandling, dårlig svejsning og overfladekvalitet. Dette understreger nødvendigheden af at opstille specifikationer der sikrer at rustfrit støbegods får de tilsigtede korrosionsegenskaber. Herudover er det i alle brugeres interesse at samarbejde med støberierne for at udbrede viden om rustfrit støbegods' metallurgi.

Referencer

- [1] Ing. Klaus Röhrig, Erkrath, Germany, Castings from stainless steels and nickel-base alloys.
- [2] Arthur H. Tuthill, Procurement of quality stainless steel castings, September 1988 Tappi Journal.
- [3] www.corrosionsource.com.
- [4] A. GHOSH, Segregation in cast products, Sadhana, Vol. 26, Parts 1 & 2, February–April 2001.

- [5] Ronald A. Perren, Peter J. Uggowitzer and Markus O. Speidel, Microstructure and corrosion resistance of super duplex stainless steels, Duplex Stainless Steels 97.
- [6] R. A. Perren, T. Suter, C. Solenthaler, G. Gullo, P.J. Uggowitzer, H. Böhni and M.O. Speidel, Corrosion resistance of super duplex steels in chloride ion containing environments: investigations by means of a new microelectrochemical method, II. Influence of precipitates, Corrosions Science 43 (2001).