

Overflade- behandling af rustfrit stål

Korrosion og rengørighed

Per Møller
Lars Pleth Nielsen
Rasmus Lage
Claus Qvist Jessen
Erik-Ole Jensen



Damstahl[®]
stainless steel solutions

Indholdsfortegnelse

KAPITEL 1 - METODER TIL OVERFLADEBEHANDLING	13
1.1 Mekanisk overfladebehandling	14
1.1.1 Koldtvalsede (2B) og varmtvalsede plader (1D)	15
1.1.2 Slibning	20
1.1.3 Børstning	21
1.1.4 Vibrationsslibning	22
1.1.5 Polering	23
1.1.6 Blæsning	24
1.2 Kemisk overfladebehandling	26
1.2.1 Bejdsning	26
1.2.2 Passivering	29
1.2.3 Dekontaminering	29
1.2.4 Elektropolering	31
1.2.5 Kemisk overfladebehandling, oversigt	32
KAPITEL 2 - OVERFLADETOPOGRAFI ANALYSEMETODER	35
2.1 Karakterisering af overfladetopografi	36
2.1.1 Scanning Elektronmikroskopi (SEM)	38
2.1.2 Metallografisk mikroslib	39
2.1.3 Konfokalmikroskopi	40
2.1.4 Målinger af ruhedsprofiler	41
2.1.5 Sammenfatning	45
2.2 Overfladens indflydelse på korrosionsforholdene	46
2.2.1 Måling af forskellige korrosionsformer	46
2.2.2 Test for grubetæring	48
2.2.3 Kinetikken for grubetæring	49
2.2.4 Pittingpotentialet	50
2.2.5 Repassivering	52
2.2.6 Korrosionsstrømmen	52
2.2.7 Begrænsninger for cyklisk polarisation	52
2.2.8 Overfladens ensartethed og reproducerbarhed	53
2.2.9 Intervalvurdering af korrosionsegenskaber	54
2.2.10 Sammenfatning	54
2.3 Overfladetopografi og rengørighed	55
2.3.1 Topografiens effekt	55
2.3.2 Agarreplika	56
2.3.3 Impedansanalyse	57
2.3.4 Rangering af overfladernes rengørighed	58
2.3.5 Sammenfatning	59

KAPITEL 3 - RANGERING AF OVERFLADEEGENSKABER	61
3.1 Eksperimentel rangering af korrosionsegenskaber	62
3.1.1 Pitting og repassivering	62
3.1.2 Den maksimale korrosionsstrøm	63
3.1.3 Klassifikation og rangering af forskellige overflader	63
3.2 Eksperimentel rangering af rengørighed	66
3.2.1 Impedansanalyser	66
3.2.2 Klassificering og rangering forskellige overflader	66
3.2.3 Agarreplika	68
KAPITEL 4 - OVERFLADEBETRAGTNINGER	71
4.1 Brugen af R_a som acceptkriterium	72
4.1.1 Kan R_a bruges til vurdering af en overflade?	72
4.1.2 Korrosionsbestandighed i relation til R_a	72
4.1.3 Tid og risikoen for spaltekorrosion	72
4.1.4 Praktiske forhold over og under vandlinjen	74
4.1.5 Ruheden kontra rengørigheden	75
4.1.6 Brugen af R_a i standarder og guidelines	77
4.2. Specifikationer og egenskaber	78
4.2.1 Forskelle i overfladens egenskaber	78
4.3 Korrosionsbestandighed og rengørighed af svejsninger	81
4.3.1 Korrosionsbestandigheden af svejsninger	81
4.3.2 Rengørigheden af svejsningerne	83
4.4 Spåntagende bearbejdning af rustfrit stål	87
KAPITEL 5 - PRAKTISKE FORHOLD	93
5.1 Passer teori med praksis?	94
5.1.1 Betydningen af tid	96
5.2. anbefalinger til fremtidige specifikationer	97
5.2.1 Avanceret overfladetestning	97
5.2.2 Alternativer til R_a	97
5.2.3 Differentieret R_a for forskellige typer af overflader?	100
5.3 Efterbehandling af tanke	102
5.5 Korte anbefalinger	104
5.5.1 Slibning og polering af rustfrit stål	104
5.5.2 Glasblæsning af rustfrit stål	106
APPENDIX A	111
EN 1.4404 Materialecertifikat	111

APPENDIX B - TESTRESULTATER	113
B.1 Slebet korn 80 / P80	114
B.2 Slebet korn 120 / P120	122
B.3 Slebet korn 180 / P180	130
B.4 Mattered overflade	138
B.5 Børstet overflade	146
B.6 Slibeufte/rystepudset overflade	154
B.7 Poleret overflade	162
B.8 Glinset overflade	170
B.9 Glasblæst overflade	178
B.10 Vibrationslebet overflade	186
B.11 Vibrationspoleret overflade	194
B.12 2B koldtvalset overflade	202
B.13 Elektropoleret overflade	210
APPENDIX C - ANVENDTE SLIBEMIDLER	219
C.1 Analyser af de anvendte slibemidler	220
C.2 Slibeånd, Starcke P80	221
C.3 Slibeånd, Starcke P120	222
C.4 Slibeånd, Starcke P180	223
C.5 Slibeånd, Starcke P220	224
C.6 Slibeånd, Starcke P320	225
C.7 Glaspartikler	226
C.8 Polermiddel, Britelea 2076	227
C.9 Polermiddel, Britelea 309	228
C.10 Ceramic RSD 15/18s	229
ORDFORKLARING	231
FORKORTELSER OG SYMBOLER	241
REFERENCER	243
INDEKS	247
ANSVARFRASKRIVELSE	257
FORFATTERNE	259

1.1.2 Slibning

Slibning er en retningsbestemt og abrasiv proces, hvor stålet behandles med "en eller anden slags partikler" monteret på en baggrund. Processen er designet til at fjerne materiale fra stålets overflade, hvorfor de anvendte partikler er meget hårde, fx aluminiumoxid (Al_2O_3 , korund), siliciumkarbid (SiC , "Carborundum"), bornitrid (BN) eller ligefrem diamanter (rent kulstof, sp^3 -bundet C). Selve slibeprocessen kan udføres både tør og våd. Den våde proces er mindre "støvende", men vandet fungerer som smøremiddel og mindsker friktionen. Vådslibning fjerner derfor mindre materiale end en tilsvarende tørslibning.

Som de fleste andre overfladeprocesser specificerer "slibning" processen snarere end slutresultatet. Som følge deraf vil betegnelsen "slebet til korn xxx" (ofte skrevet "Pxxx"; på engelsk ofte "Grit xxx") kun vise, at stålet er blevet slebet med sandpapir forsynet med abrasive partikler i størrelse xxx, fx P100. Hverken slibemedie eller dets kemiske sammensætning (Al_2O_3 , SiC , diamant etc.), alderen på slibebåndet, slibetiden, eventuel rotation af emnet kontra retningen samt eventuel brug af smøremiddel er inkluderet i beskrivelsen. Dette gælder også sammensætningen af baggrundsmaterialet og den påtrykte kraft. Læg dertil, at ingen af de eventuelle tidligere slibetrin er inkluderet i beskrivelsen, hvilket tilsammen gør beskrivelsen "slibning" til en noget upræcis og dårligt defineret proces.

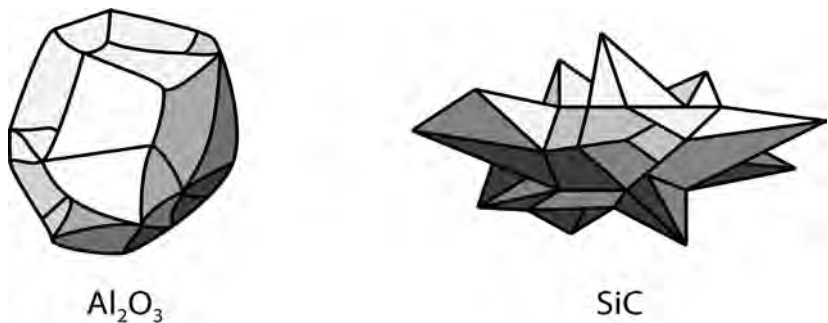


Fig. 1.3

To almindeligt anvendte slibemedier er aluminiumoxid, (Al_2O_3) og siliciumkarbid (SiC). Mens førstnævnte har relativt runde partikler, er sidstnævnte meget mere skarpkantet, hvilket i sidste ende medfører en noget grovere slibning af stålet. Tegning fra [1].

Samme nomenklatur anvendes for de kommercielt slebne stålplader, men da krydsslubning er umulig ved coils, udføres værkernes slibning som regel i ét enkelt trin. I de fleste tilfælde er der ingen garanteret ruhed, om end en ofte anvendt kommerciel betegnelse "Tetra Pak-slibning" angiver $R_a = 0,55 \pm 0,15 \mu\text{m}$. Dette er undtagelsen, der bekræfter reglen.

ISO/FEPA-kornbetegnelse	Omtrentlig kornstørrelse (μm); [5]	Kornstørrelse (μm); [6]		
		Maks.	Min.	Gennemsnit
P60	269	406	165	254
P80	201	292	102	165
P120	125	165	50	102
P180	82	114	25	76
P220	68	102	20	63
P240	58,5	85	25	50
P320	46,2	60	14	31
P400	35,0	45	11	22
P600	25,8	35	9	16
P800	21,8	30	5	12
P1000	18,3	23	2	7

Tabel 1.2

Kornnummer kontra den omtrentlige kornstørrelse på forskellige typer sandpapir ifølge [5, 6].

Som beskrevet i Appendix B og C har slibning stor betydning for både korrosionsbestandighed og rengørighed af en ståloverflade. Imidlertid er det at definere "slibning" ikke så ligetil endda, og som regel specificeres selve processen, hvilket ret beset ikke garanterer noget som helst, hverken slutresultatet eller overfladens egenskaber. Enhver slibning medfører derfor en risiko for variation, både hvad angår det visuelle udtryk og de mere funktionelle kvaliteter som korrosionsbestandighed og rengørighed. Dette selvom overfladespecifikationen (fx ruheden) er den samme.

1.1.3 Børstning

Børstning er en løs betegnelse, der dækker over en ikke-abrasiv, slibeagtig proces, ofte frembragt ved brug af en roterende børste, der presses mod overfladen med ukendt kraft. Da processen er ikke-abrasiv, fjernes der ikke noget materiale, og en børstning er derfor mest brugbar til kosmetiske formål – lidt i retning af en polering.

Den ikke-abrasive effekt skyldes, at børsterne oftest er lavet af et blødt, syntetisk polymermateriale. I lighed med slibning er børstning retningsbestemt, hvilket giver et ualmindeligt lækkert og smukt udseende. Børstning anvendes hyppigt som slutbehandling efter en slibning og er yderst populær blandt arkitekter og designere, der søger den ultimativt smukke, "slebne" overflade.

I det indeværende arbejde er karakteriseringen af de forskellige overflader sket ved at kombinere en række forskellige teknikker: Scanning Elektronmikroskopi (SEM), metallografiske mikroslib, konfokalmikroskopi og målinger af overfladeruheden på "almindelig vis". Ved at anvende en vifte af analysemetoder bliver det mere klart, hvordan de forskellige typer af overfladebehandling påvirker overfladernes egenskaber, både de kosmetiske og de funktionelle.

2.1.1 Scanning Elektronmikroskopi (SEM)

For at skelne mellem de forskellige topografier blev alle emner undersøgt ved hjælp af Scanning Elektronmikroskopi (SEM). For at optimere undersøgelsen skete dette ved en række forskellige forstørrelser. Som det ses af Fig. 2.2., giver SEM en fremragende visuel fornemmelse af overfladens morfologi. Det bemærkes, at den slebne overflade viser synlige slibespor parallelt med sliberetningen (Fig. 2.2, A). Til sammenligning viser den koldtvalsede 2B-overflade (Fig. 2.2, B) tydelige korngrænser fra bejdsningen (se Kapitel 1.2.1), mens den elektropolerede overflade (Fig. 2.2, C) viser en særdeles jævn og glat overflade med kun en svag indikation af korngrænser. Alle øvrige overflader er illustreret på tilsvarende vis i Appendix B.

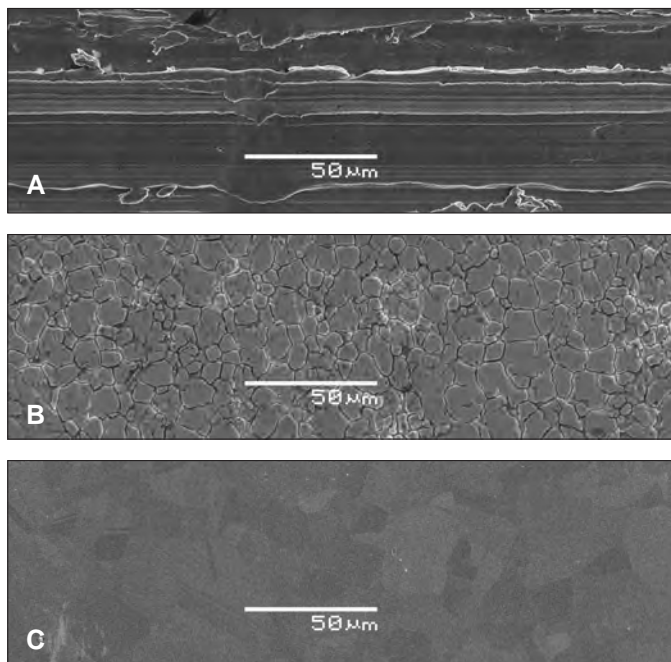


Fig. 2.2

Eksempler på overfladetopografi ved hjælp af SEM-analyse for tre forskellige overflader:

A: Slebet korn 120/P120

B: 2B, koldtvalset (leveringstilstanden)

C: Elektropoleret

2.1.2 Metallografisk mikroslib

Overfladedeformationer

Det er helt klart, at forskellige typer af overfladebehandling resulterer i lige så forskellige topografier. Dette ses bl.a. af de tre elektronmikroskopibilleder i Fig. 2.2, men selv SEM-billeder giver kun et begrænset billede af overfladen. For at "gå i dybden" er det nødvendigt at supplere med metallografiske mikroslib, hvorved man får information, man ikke kan få ved at analysere overfladen oppefra. At illustrere sådanne skjulte overfladeforhold er yderst vigtigt, og et fint eksempel herpå er vist i Fig. 2.1, A-D.

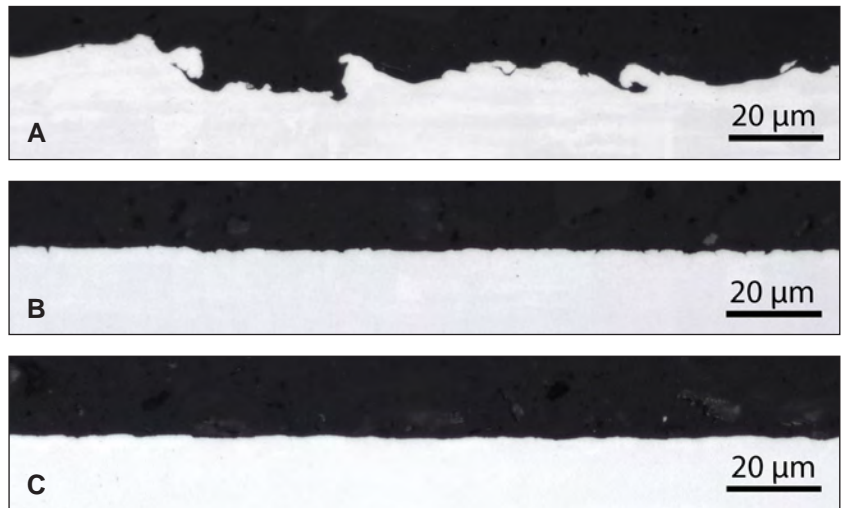


Fig. 2.3

Eksempler på brugen af mikroslib for de samme tre overflader som vist i Fig. 2.2:

A: Slebet korn 120/P120

B: 2B, koldtvalset (leveringstilstanden)

C: Elektropoleret

Alle mikroslib er blevet undersøgt i et lysoptisk mikroskop (LOM).

Som vist i Fig. 2.3 bliver snævre spalter, skjulte lommer og andre defekter synlige gennem mikroslib. Det generelle billede er, at abrasive metoder (som slibning og blæsning med sand eller glaspartikler) efterlader særdeles ujævne overflader med stor tendens til skjulte spalter, mens en elektropoleret overflade generelt er meget åben og jævn.

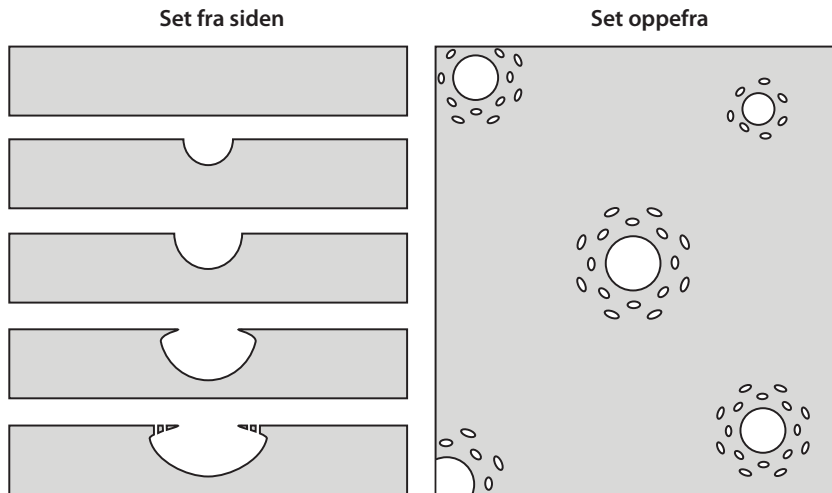


Fig. 2.8

Dannelsen af et perforeret dæklag ("lacy cover") rundt om en korroderende grube. Med tiden vil dæklaget blive undermineret og kollapse ned i gruben.

2.2.4 Pittingpotentialet

Udviklingen af grubetæring sker for passive metaller og legeringer, når elektrodepotentialet for den pågældende overflade når et kritisk niveau. Dette niveau er miljøafhængigt, og fx *klorid* (Cl^-), *bromid* (Br^-), *jodid* (I^-) og *perklorat* (ClO_4^-) er alle kendt for at rykke den kritiske grænse nedad; temperaturen har samme effekt (Afsnit 2.2.1). Dette kritiske potentialniveau kaldes *pittingpotentialet* og er præcis dér, hvor det beskyttende oxidlag er gennembrudt, og hvor tæringen går fra kimdannelse via metastabil grubetæring til stabil grubetæring [16]. For en given overflade kan pittingpotentialet derfor ses som en målestok for dens følsomhed overfor et aggressivt miljø. Eksempelvis vil en rustfri ståltank indeholdende ferskvand antage et bestemt korrosionspotentiale. Såfremt en stærk oxidant (fx pereddikesyre) tilsættes tanken, vil potentialet stige til et højere niveau. Det interessante (og kritiske) er her, ved hvilket potentiale tankens passivlag vil svigte, og grubetæring vil starte. Så længe korrosionspotentialet for stålet er under pittingpotentialet, vil der ikke starte grubetæring, og tanken kan anses for tilstrækkeligt resistent. Hvis korrosionspotentialet overstiger pittingpotentialet, vil grubetæring initieres, og korrosionen udvikles.

Stålets overfladefinish er helt afgørende for pittingpotentialet og den direkte årsag til de nærværende elektrokemiske målinger. Da grubetæring endda har det med at angribe stålets svage punkter, vil det afsløres, såfremt en bestemt overfladefinish skaber den slags angrebepunkter. Dette gælder erfaringsmæssigt især for de meget grove typer af overfladebehandling, som har vist sig at sænke pittingpotentialet betragteligt [24]. Det er i høj grad overfladetopografien, der bestemmer, om ståloverfladen har et højt eller et lavt pittingpotentiale (som indikator for en høj eller lav korrosionsbestandighed i det aktuelle medie) i forhold til idealet. En god tommelfingerregel er dog, at meget ru overflader med dybe sliberidser, spalter og indeslutninger vil have et lavere korrosionspotentiale og en tilsvarende lavere korrosionsbestandighed end en tilsvarende glat og perfekt overflade.

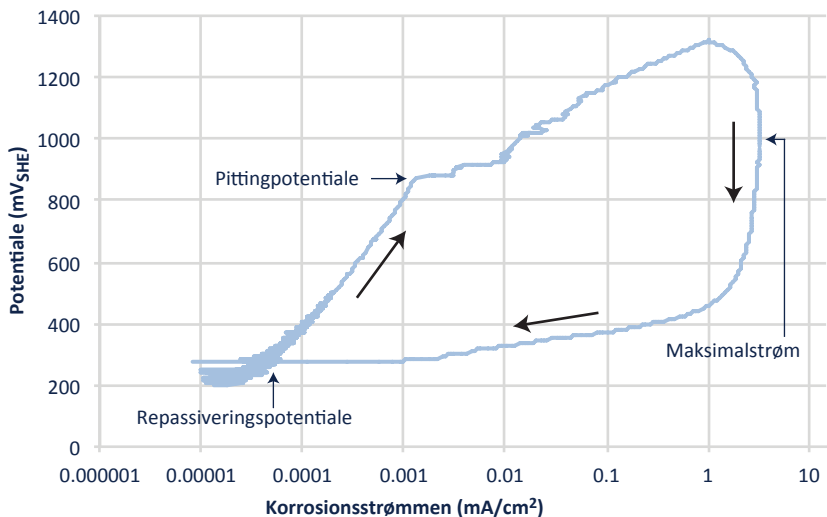


Fig. 2.9

Eksempel på cyklisk polarisations-sweep (CYP) af rustfrit stål (EN 1.4404) i kloridholdig opløsning. Kurven viser korrosionsstrømmen (x-aksen) mod potentialet (y-aksen). Pittingpotentialet er defineret som det sted på den opadgående kurve, hvor strømmen når $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Det opadgående scan fortsættes, indtil strømmen når $1 \text{mA}/\text{cm}^2$. Herefter vendes scannet, og potentialet sænkes med samme hastighed som det opadgående scan. Repassivering er defineret som det punkt, hvor de op- og nedadgående scanninger krydses.

Et vigtigt bidrag til diskussionen er leveret af de to danske institutter Dansk Teknologisk Institut og FORCE Technology i samarbejde med en hel vifte af danske industrivirksomheder [13].

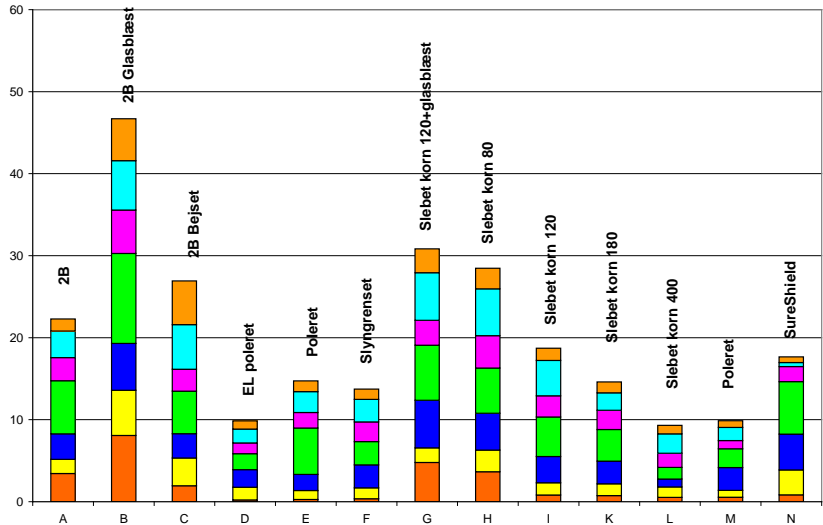


Fig. 4.4

Samlede resultater fra en række rengøringsforsøg udført af hhv. DTI og FORCE, begge fra Danmark. Selve testen er udført ved at forurene A4-størrelse rustfri stålplader (EN 1.4404) ved hjælp af 4,0 g yoghurt gjort pink ved tilsætning af 0,5 % erythrosin. Efter forureningen blev testpladerne tørret i en ovn, hvorefter den farvede yoghurt blev forsøgt fjernet. Rengøringsprocedure: Brugsvand v. 10 bar tryk, 30 l/min, 50 cm afstand, 0,20 m/ sekunder, 3 skyl. Hver blok er en sum af syv separate eksperimenter (søjlefarve), dvs. deres akkumulerede restfarve. Jo højere blok, jo mere yoghurt der sidder tilbage på overfladen, og jo ringere er rengørigheden [13].

Fig. 4.4 viser tydeligt både fordele og ulemper ved at bruge R_a som målestok. Sammenlignes søjlerne H, I, K og L (alle *slebne* emner, varierende kornstørrelse), viser testen helt entydigt, at rengørigheden bedres med faldende R_a (Tabel 4.1). Omvendt ser vi for C, D og E (forskellige behandlinger, men næsten identiske R_a -værdier), at der er meget lille sammenhæng mellem R_a og højden af søjlerne (dvs. restfarven og derved dårlig rengørighed). Disse resultater sammen med de allerede omtalte måledata bekræfter, at R_a er en god målestok for rengørigheden, så længe overfladerne har fået *samme type overfladebehandling* (her slibning). Jo lavere R_a , jo bedre er rengørigheden. Omvendt gælder det for overflader, der har fået meget forskellige typer overfladebehandling, at R_a er meget mindre brugbar.

Nr.	Overfladebehandling	R_a	R_a Std. afv.
A	2B	0,22	0,01
B	Glasblæst	2,37	0,11
C	2B, bejdset	0,38	0,05
D	Elektropoleret	0,32	0,06
E	Manuelt poleret	0,32	0,01
F	Slyngrenset m. stålkugler	0,74	0,09
G	Slebet + glasblæst	1,37	0,11
H	Slebet, P80	1,79	0,03
I	Slebet, P120	0,92	0,10
K	Slebet, P180	0,60	0,09
L	Slebet, P400	0,18	0,01
M	Poleret	0,32	0,02
N	SureShield (organisk overfladebelægning)	0,15	0,05

Tabel 4.1

Beskrivelsen af de 13 forskellige overfladebehandlinger, der ligger til grund for måleresultaterne i Fig. 4.4, sammen med de målte ruheder (som R_a). Bemærk, at SureShield er en organisk overfladebelægning, som ikke på nogen måde er sammenlignelig med nogen af de øvrige overfladebehandlinger for rustfrit stål.

4.1.6 Brugen af R_a i standarder og guidelines

Baseret på denne bogs resultater betyder en lavere ruhed (som R_a) ikke nødvendigvis forbedrede egenskaber, hverken mht. rengørighed eller korrosionsbestandighed. De forhold ved en overflade, der bestemmer disse egenskaber, kan simpelthen ikke koges ned til ét eneste tal. Generelt ses en forbedret rengørighed og korrosionsbestandighed ved faldende R_a ; men R_a som acceptkriterium må i bedste fald anses som værende upræcist. Dette gælder især ved meget forskellige overflader med nogenlunde identiske R_a -værdier. R_a er dog stadig langt den hyppigst anvendte "standard" indenfor fx food/pharma, hvilket giver visse udfordringer.

Der er ikke nogen entydig sammenhæng mellem en specificeret R_a og bestemte korrosionsegenskaber eller rengørighed. Overflader med næsten samme R_a kan udvise meget store forskelle i disse egenskaber, og omvendt kan man opleve ganske ens egenskaber opnået for overflader med meget forskellige R_a -værdier.

Enhver specifikation af R_a skal derfor ske med stor forsigtighed. Som det ses af bl.a. indeværende studie, vil langt de fleste af de testede overflader passere gennem nåleøjet på $R_a \leq 0,6-0,8 \mu\text{m}$, som ofte anvendes som praktisk acceptkriterium, på trods af at mange af overfladerne må forventes at have meget forskellige egenskaber mht. korrosion og rengørighed.

Skal der sammenfattes, forventes det ikke at have den store betydning, hvis man skulle finde på at bruge R_z som acceptkriterium i stedet for R_a . Rækkefølgen for de forskellige typer af overfladebehandling bliver stort set den samme, for en overflade med en høj R_a vil næsten automatisk også have en høj R_z . Dette ses fx ved, at numrene 2, 4, 9, 10 og 15 alle ligger i den tunge ende af skalaen, mens 1, 3, 7, 8 og 11 alle ligger i toppen – uanset om der er tale om R_a eller R_z . Rangering af alle emner efter hhv. R_a og R_z ses i Tabel 5.3, og man bemærker et meget stort sammenfald.

En måleværdi der bør overvejes i fremtiden, er R_q . Denne er stort set identisk med R_z , men højden af toppene er kvadreret i stedet for lineær. Dette forstørrer kraftigt betydningen af de højeste toppe og dybeste dale, dvs. ekstremerne, og som følge deraf må man forvente, at R_q er mere ”kritisk” overfor ekstremer. Den bruges dog kun sjældent i vore dage, men det kan ændre sig i fremtiden.

En anden interessant faktor, der bør tages i overvejelse, er ”*mean spacing of profile irregularities*”, den såkaldte RS_m . Som det allerede er nævnt i Kapitel 2.1, er højden af toppene og dybden af dalene vigtige for overfladens egenskaber, men det er profilens åbenhed også. Jo mere åben, jo bedre er rengørigheden, og det er præcis det, RS_m beskriver: Den gennemsnitlige afstand mellem toppe og dale (Afsnit 2.1.4), og jo højere dette tal, jo bedre. For at implementere begge dele kan man definere en ny værdi: R_x :

$$R_x = R_a / RS_m$$

Jo højere R_x , jo ringere er overfladen – eller det er i hvert fald, hvad man skulle forvente. Desværre opgives RS_m ikke automatisk for mange standardinstrumenter, og det kan tage lang tid, inden en sådan R_x -værdi bliver alment accepteret.

5.2.3 Differentieret R_a for forskellige typer af overflader?

På kort sigt vil den mest realistiske løsning være at fortsætte med at bruge R_a , men at indføre forskellige grænser for forskellige typer af overflader. Både indeværende projekt og årtiers erfaringer har med al tydelighed vist, at der er særdeles stor forskel på forskellige overfladetyper rengørighed, selvom deres R_a måske er tilnærmelsesvis identisk. Det giver derfor ikke mening at have samme skarpe grænse for to meget forskellige typer af overflader – lige så lidt som at to mennesker på hhv. 160 og 185 cm har samme idealvægt. Man bør derfor differentiere R_a og bruge forskellige værdier af R_a til forskellige typer af overflader.

Overfladetilstand	Foreslået maks. R_a (μm)	Bemærkninger
2B, eller 2B bejdset, BA (2R), og 2D	1,2	R_a over 0,8 μm indikerer, at overfladen er lettere at gøre ren end en slebet overflade med $R_a = 0,8 \mu\text{m}$.
2B, koldtbedarbejdet (fx dybtræk)	1,2	Se ovenfor. Gælder dog kun for fx dybtræk og strækformgivning – ikke for spåntagende bearbejdning.
1D og andre varmtvalsede emner	0,8	Den gamle $R_a \leq 0,8$ bibeholdes. 1D er mindre glat end 2B; R_a lavere grænse for at sikre tilstrækkelig rengørighed.
Slebet eller glasblæst	0,8	Traditionelt sikrer $R_a \leq 0,8$ en fair grad af rengørighed for mekanisk behandlede overflader.
Svejsning (GMP, bejdset)	3,0	Meget svært at kvantificere pga. afhængigheden af selve svejseprocessen. Den foreslåede $R_a \leq 3,0 \mu\text{m}$ er baseret på Good Manufacturing Practice (GMP).
Elektropoleret	1,5	Næsten irrelevant, da elektropolerede overflader forbedrer korrosionsbestandigheden og rengørigheden for næsten alle overflader.
Mekanisk poleret	1,5	Forbedrer korrosionsbestandigheden og rengørigheden for alle overflader, og som regel vil R_a ligge signifikant lavere end for det tilsvarende originalmateriale.
Spåntagende bearbejdning	1,0	Normalt er bearbejdede flader rimeligt glatte og pæne (Kapitel 4.4), men vær opmærksom på eventuelle "grøfter". Af denne grund er grænsen kun lidt højere end for slebne/glasblæste overflader.

Tabel 5.4

Forslag til maksimumgrænser for R_a for en bred vifte af overfladetyper for rustfrit stål. Baggrunden for de angivne forslag til R_a er en kombination mellem de foretagne laboratorieeksperimenter og årtiers praktiske erfaringer.

De meget "krøllede" overflader med stor tendens til spalter (fx slebne og glasblæste) klarer sig generelt dårligst, både i de forskellige laboratorieundersøgelser og i det virkelige liv. Den slags overflader bør derfor have en *lav, øvre grænse* for R_a , som reflekterer deres ringe egenskaber – fx erfaringsværdien $R_a \leq 0,8$. Tilsvarende er de mere åbne overflader (fx 2B og drejede overflader samt naturligvis polerede og elektropolerede) meget lettere rengørige, så dér kan man acceptere en noget højere R_a (over 0,8) uden at gå på kompromis med stålets egenskaber. Eksempelvis forventes en 2B-overflade med $R_a = 1,2$ at have omtrent samme rengørighed som en slebet overflade med $R_a = 0,8$, og så giver det god mening at lade acceptgrænsen for 2B være 1,2 snarere end 0,8. Baseret på både laboratorieforsøg og erfaring er vort forslag til en differentieret R_a -grænse angivet i Tabel 5.4.

B.2 Slebet korn 120 / P120

Fremstilling af overfladen

Procesbeskrivelse

Den rustfrie ståloverflade er slebet med et ”lukket, top-coatet” aluminiumoxid ERSTA-produkt. Der blev først anvendt korn 80/P80 og derpå korn 120/P120 slibebånd. For at sikre ensartethed blev der krydsslebet med P120-bånd, og det blev sikret, at alle spor fra den forudgående slibning var effektivt fjernet.

Maskineri, slibemedie og driftsparametre

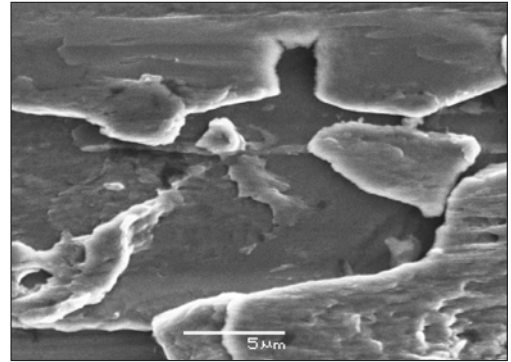
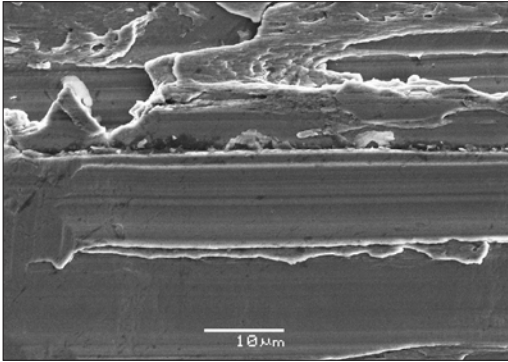
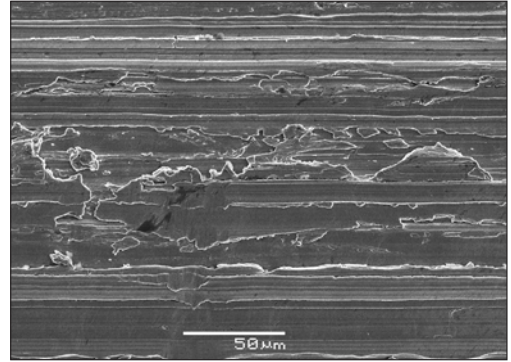
Slibemedie	
Model/type:	Starcke 551 X
Basis/baggrund:	X-Cloth
Bindemiddel:	VKH
Slibemateriale:	Aluminiumoxid
Kornstørrelse:	P80 + P120

Teknisk udførelse (slibning)	
Slibehastighed:	30 m/s
Skivens diameter:	100 mm
Rotation:	5.700 rpm
RotoMax 3.5 nr. 8; 143055	
300-400 V & 50-60 Hz	
Maks. 4,0-7,5 A	

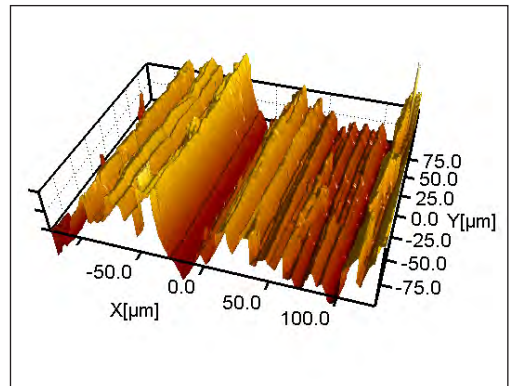
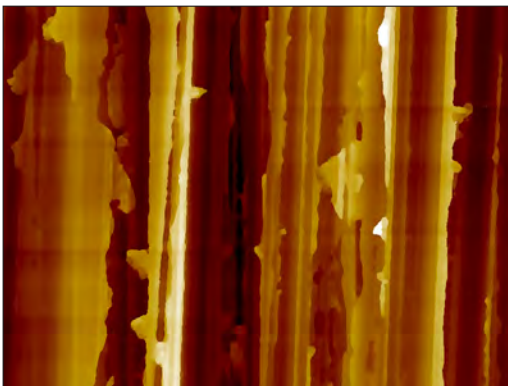
Overfladetopografi

Scanning elektronmikroskopi (SEM, 2.1.1) og konfokalmikroskopi (2.1.3)

Den observerede topografi er karakteriseret ved at være rimeligt grov med høje toppe og dybe grøfter samt slibespåner langs grøfterne. Sammenlignet med P80 er bredden og dybden af grøfterne let reduceret. Flere spalter og sprækker er synlige på overfladen, ofte forårsaget af løse slibespåner, som derpå er blevet mast ned i ståloverfladen.



Konfokalmikroskopibilleder nedenfor er vist som både 2D (venstre) og 3D (højre). Af hensyn til illustrationen er den lodrette z-akse blevet forstørret 10 gange i forhold til selve emnet.



Målinger af ruhedsprofil

Alle målinger blev udført ved hjælp af et højpræcist, mekanisk instrument.
Alle termer og definitioner er beskrevet i Afsnit 2.1.4.

Ruhedsmålinger (μm)

Nummer	R_a	R_z	R_v	R_p	R_t	RS_m
1	1,196	8,129	5,236	2,893	12,208	43,14
2	1,12	8,476	5,408	3,068	10,486	41,718
3	1,226	8,303	5,19	3,113	11,143	40,34
4	1,269	7,935	4,471	3,463	9,215	43,154
5	1,229	8,3	5,191	3,109	11,696	45,088
Gns.	1,208	8,228	5,099	3,129	10,95	42,688
Std afv.	0,056	0,205	0,362	0,207	1,162	1,777
Std. afv. %	4,6	2,5	7,1	6,6	10,6	4,2

Ruhedsprofil



Slebet korn 120 / P120

Metallografiske mikroslib

Lysoptisk mikroskop (LOM, Afsnit 2.1.2)

Bemærkninger

Metallografiske mikroslib af den slebne rustfri ståloverflade (korn 120/P120) viser en høj koncentration af spalter, sprækker og andre overfladekaviteter. Den slags geometrisk uheldige områder kan have en yderst negativ indflydelse på stålets korrosionsbestandighed såvel som på rengørigheden.

Forstørrelse 10 ×



Forstørrelse 20 ×



Forstørrelse 50 ×





Det rette valg af overfladebehandling

Rustfrit stål er det foretrukne konstruktionsmateriale til bl.a. food/pharma, og overfladen er stålets eneste kontakt til mediet. Det er overfladen, der sørger for stålets gode korrosionsbestandighed. Det er overfladen, der sikrer, at stålet ikke afgiver noget til mediet, og det er overfladen, der skal sørge for, at der ikke er gemmesteder for uønskede mikroorganismer. Overfladen er en særdeles vigtig del af stålet, og overfladebehandling er en integreret del af konstruktionen. Valget af overflade kan gøre forskellen mellem succes og fiasko.

Ofte er det eneste krav til overfladen, at ruheden (som R_a) skal være max. 0,8 μm . Denne erfaringsværdi sikrer en rimelig rengørighed for slebne overflader, men er det virkelig tilstrækkeligt? Er R_a den ideelle målestok for en overflades kvalitet?

I denne bog vurderes og beskrives en række meget forskellige typer af mekanisk og/eller kemisk behandlede, rustfri ståloverflader med en bred vifte af måleteknikker, lige fra traditionelle ruhedsmålinger og metallografiske slib til elektronmikroskopi. Sammen med parallelle målinger af korrosionsbestandighed og bakteriel rengørighed gives uddybende beskrivelser af de forskellige typer af overfladebehandlinger og overfladernes egenskaber.

Bogen er tænkt som et vigtigt værktøj for bl.a. ingeniører og teknikere, der skal definere eller give stålet den ideelle overflade til en ønsket applikation.

ISBN: 978-87-92765-38-3

Damstahl a/s

A member of the NEUMO-Ehrenberg-Group
www.damstahl.dk