

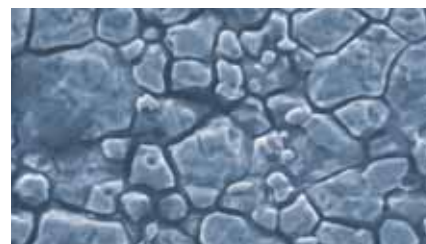


**STÅLCENTRUM**  
Procesudstyr til fødevarerindustrien

# RUSTFRIT STÅL I FØDEVAREINDUSTRIEN – VEJLEDNING TIL VALG AF OVERFLADER

RESUMÉ FRA UDVIKLINGSPROJEKTET  
"OVERFLADEBEHANDLING AF RUSTFRIT STÅL – SIKRING  
AF OPTIMAL FØDEVAREHYGIEJNE OG LEVETID AF  
PROCESUDSTYRET" (2004-2007)

Disse ståloverflader ser flotte, rene og pæne ud. Men for en bakterie, er de et landskab med bjerge, dale og mange huler at gemme sig i.

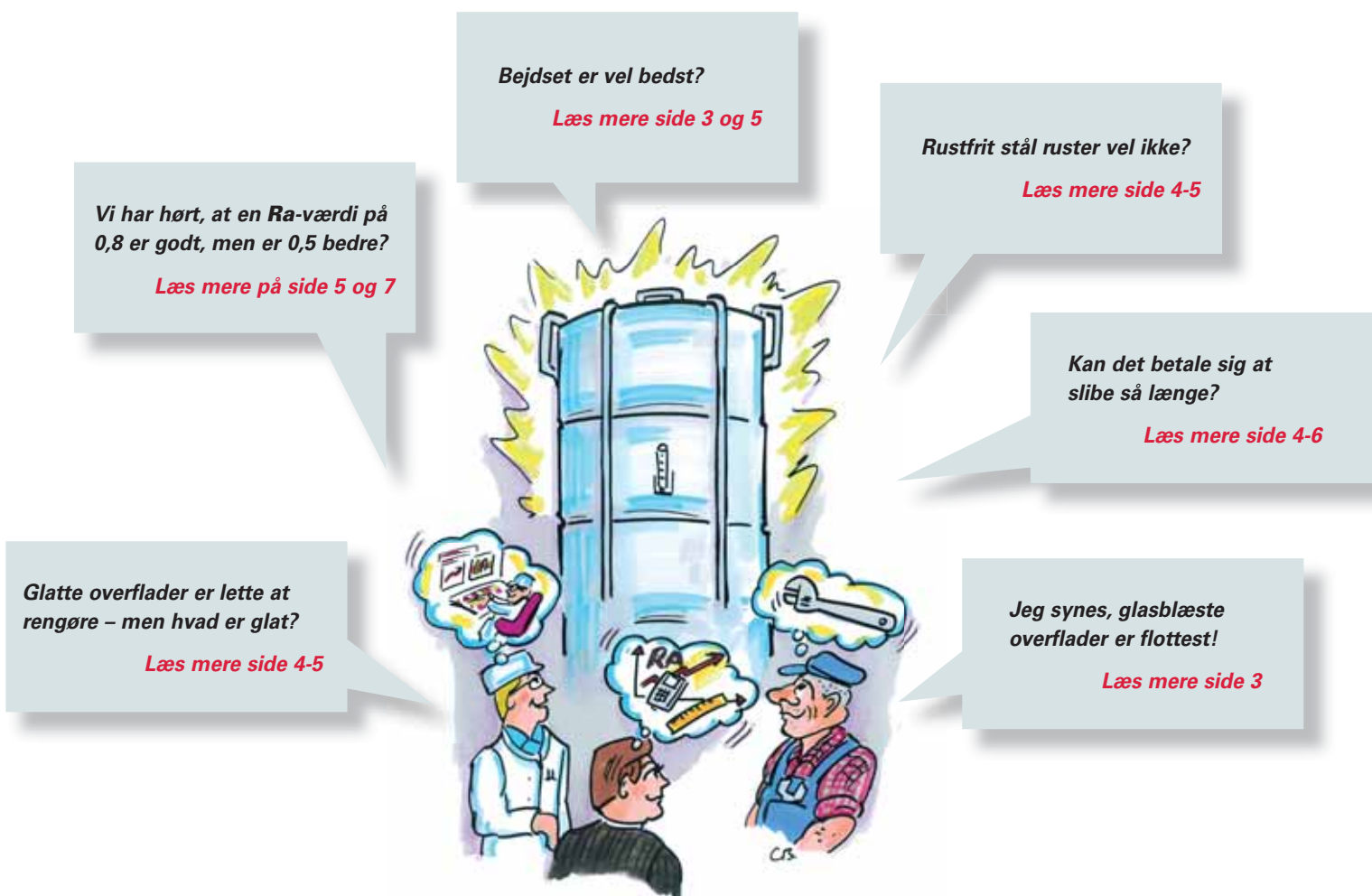


**TEKNOLOGISK  
INSTITUT**



*Her ses eksempler på tre anvendte overfladefinish af rustfrit stål, hhv. en slebet, glasblæst og elektropereret overflade.*

*Mikroskopet afslører tydeligt forskellen på en slebet, en glasblæst og en elektropereret overflade*



## DEN OPTIMALE OVERFLADEBEHANDLING AF RUSTFRIT STÅL

Overfladebehandling af stål kan være dyr. Derfor er der mange penge at spare ved at vælge den optimale overfladebehandling.

Rustfrit stål kan overfladebehandles på mange forskellige måder. De forskellige processer giver overfladen hver deres egne egenskaber og finish. Behandlingerne har stor betydning for såvel hurtig og effektiv rengøring som for levetiden og korrosionsbestandigheden af udstyret.

I perioden 2004-2007 blev et udvik-

lingsprojekt gennemført med det formål at tilvejebringe dokumentation, der ville gøre det enklere at vælge, hvilken metode der giver den optimale overflade til udstyr for fødevarerproducenter og deres leverandører.

Projektet er gennemført i et tæt samarbejde mellem 17 virksomheder og hhv. FORCE Technology og Teknologisk Institut (se bagsiden). Forsøgene er først gennemført i avancerede laboratorier og pilotanlæg. Resultaterne af laboratorieforsøgene er

herefter blevet efterprøvet i industriel skala hos Danish Crown, Arla Foods, Chr. Hansen og Danisco.

Alle korrosions- og hygiejneforsøg er gennemført på overflader med gængse, rustfri stål kvaliteter normalt anvendt i fødevarerindustrien (se materialespecifikationer på side 4-5).

Projektet har fået støtte fra Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

# OVERFLADEBEHANDLING OG -FINISH AF RUSTFRIT STÅL



**STÅLCENTRUM**  
Procesudstyr til fødevarerindustrien

Overfladebehandling og -finish	Udseende	Overfladekarakterisering	Fremstillingsproces
<b>Glasblæsning</b>	Giver en silkeamat, ru, ensartet overflade; fremstår let nopret.	Mange "defekter" såsom overlejringer, hulrum, rivninger og kratere. Overfladen har derfor et stort overfladeareal.  Benyttes som et alternativ til f.eks. bejdsning af svejsninger. Korrosionsbestandigheden er ofte reduceret i forhold til en ikke glasblæst overflade.	Ligner en sandblæsning hvor der i stedet for sand bruges meget små glasperler.  Glasblæsning foregår med skarpkantede partikler, og partikler som fjerner materiale fra overfladen under processen.
<b>Bejdsning</b>	Giver en matgrå og ensartet overflade; fremstår relativt glat	Korrekt udført har overfladen en regelmæssig, åben profil fri for dybe og skarpkantede defekter. Desuden er overfladen "renset" for en række korrosionsfølsomme overfladeinklusjoner.	En kemisk behandling, hvor overfladen renses. Ståloverfladen dyppes, overrisles eller påføres en opløsning af salpetersyre og flussyre, eventuelt tilsat mindre mængder af f.eks. tensider eller fortykningsmidler.
<b>Slibning og polering</b>	Giver en skinnende overflade; fremstår glat, men ofte med synlige slibespor.  Polering efter slibning giver en spejlblank overflade; fremstår meget glat, men sliberetning kan anes.	En sleben overflade der har en regelmæssig, skarp profil med mange dybe slibefurer samt nogle overlejringer og hulrum pga. "kæntrede" slibefurer. "Fin" slibning nedsætter antallet af "defekter" Polering er en mekanisk viderebehandling af en sleben overflade, hvorfor denne overfladebehandling ved korrekt udførelse kan sidestilles med en meget fin slibning.	Med finere og finere kornstørrelser slibes og poleres stålet, indtil den specificerede overfladefinish er opnået.
<b>2B</b>	Fremstår blank og glat eller bejdsset og glat. Typisk Ra 0,6-1,0 µm.	2B-overfladen er i en god kvalitet, karakteriseret ved en regelmæssig åben profil fri for dybe overfladeinklusjoner.	Koldvalsning med afsluttende blankglødning eller glødning og bejdsning.
<b>Elektropolering</b>	Giver en spejlblank og skinnende overflade; fremstår meget glat.	Korrekt udført har overfladen en regelmæssig åben profil med stor glathed. Desuden er overfladen "renset" for en række korrosionsfølsomme overfladeinklusjoner.	Svarer til bejdsning, men ud over syrebadet gennemgår emnet også en galvanoteknisk proces. Resultatet er, at de yderste lag af stålet "skrælles" af, så at overfladen nivelleres.
<b>Slyngblæsning</b>	Slyngblæste overflader fremstår "semi-bright". Overfladen bliver let nopret/bulet; fremstår ensartet.	En overfladebehandling, der ikke er entydigt defineret. Ofte med en del overlejringer og huller. Disse korrosions- og hygiejnemæssige svagheder er dog vanligvis ikke så udtalte som for en glasblæst overflade.  Metoden anvendes på alle typer rustfrit stål f.eks. støbte, bejdsede, drejede og svejste for at opnå en ensartet overfladefinish.	Slyngblæste overflader fremstilles ved at bombardere overfladen/emnerne med små rustfri kugler ca. 0,1 mm. Kuglerne er helt runde, og fjerner ikke materiale fra overfladen, men bearbejder overfladen så den får et ensartet indtryk. Kuglerne slides og bør skiftes regelmæssigt. Det er vigtigt, at kuglerne er helt rene. Ellers kan behandlingen reducere korrosionsbestandigheden af overfladen.

## PRIS PÅ OVERFLADEBEHANDLING AF KOMPLICEREDE EMNER

Prisen på overfladebehandling er meget afhængig af geometrien, og de forskellige overfladebehandlinger stiller forskellige krav til designet. Det betyder, at konstruktøren skal undersøge, hvilken overflade, der er optimal, inden det endelige design vælges.

**Glasblæsning** koster typisk fra kr. 150,00 til kr. 300,00 pr. m<sup>2</sup>.

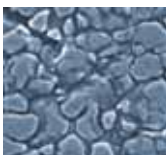

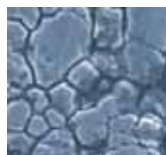
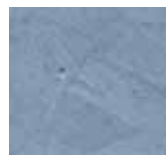
**Elektropolering** koster fra ca. kr. 200,00 pr. m<sup>2</sup>. Hertil skal lægges et beløb til håndtering samt i nogle tilfælde et engangsbeløb til opbygning af værktøj/katode.

**Manuel polering** koster fra ca. kr. 1.000,00 pr. m<sup>2</sup>. Konstruktøren bør overveje, om emnet kan poleres ved hjælp af en robot.

# OVERFLADERS FINISH OG EGENSKABER

## — RESULTATER FRA LABORATORIE- OG INDUSTRIFORSØG

Tabel 1: Udgangsmaterialet er bearbejdet til forskellig overfladefinish med forskellige metoder. Rengørigheden og korrosionsbestandigheden af de mange overflader er sammenlignet i laboratorie- og industriforsøg.

Overfladebehandling		2B , ubehandlet (udgangs- materiale)	Glasblæst	Bejdsset	EI-poleret
Prisindex, fremstilling af rør		100		130	200-250
Prisindex, fremstilling af plader		100	100-120	200-300	200-400
Prisindex, større konstruktioner					
Overfladerne set i mikroskop (målestokken er 50 µm)		A 	B 	C 	D 
<i>Ra</i> (µm)		<b>0,3</b>	<b>2,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1-0,3</b>
<i>Rz</i> (µm)		2,9	17,6	4,7	0,9
Korrosionsbestandighed *)		+ (*)	÷÷	+	++
Vedhæftning af forskellige typer snavs	Tykmælk. Rør/plader	0/0	÷÷/÷÷	+÷	+/>++
	Mælk – proteinrest	0	÷÷	0	0
	Mælk – fedtrest	0			+
	Generel belægning	0	÷÷		0
	Kødkontakt (industri)	0	0		0
	Kødkontakt. Fedtrest (lab. test). Mængde/areal	0/0	÷/0		+/>0
	Kødkontakt. Proteinrest (lab. test). Mængde/areal	0/0	+/>+		++/>++
Subjektive oplevelser fra produktion/ rengøring	Rengørighed efter forarbejdning af kød	0	0		+

**Skala: [++, ÷, 0, +, ++]** 0 = Samme hygiejne eller korrosionsbestandighed som udgangsmaterialet  
 ++, ÷ = Dårligere hygiejne (større vedhæftning) eller korrosionsbestandighed end udgangsmaterialet,  
 +, ++ = Bedre (mindre vedhæftning) hygiejne eller korrosionsbestandighed end udgangsmaterialet.

**Udgangsmateriale til hygiejneforsøg** 3 mm plade AISI316L, koldvalset, glødet og bejdsset (2B) fra Damstahl (EN 1.4404, jf. EN 10259, EN 10088-2 og EN 10028-7).

**Udgangsmateriale til korrosionsforsøg** Rustfri ståltype EN 1.4404 (jf. EN 10088-1) fra Sandvik.

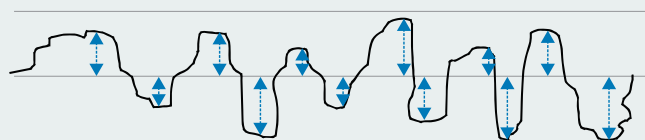
\*) Udgangsmaterialet markeres med + for korrosion, da det korrosionsmæssigt må betegnes som godt



Manuelt poleret	Slyngrenset	Slebet Korn 120 og glasblæst	Slebet Korn 80	Slebet Korn 120	Slebet Korn 180	Slebet Korn 400	Manuelt poleret
150-300							150-300
	125-150	125-150	125-150	136-165	147-175	200-300	200-400

Vil afhænge af mange parametre (side 3)

E	F	G	H	I	K	L	M
<b>0,3-0,8</b> 5,7	<b>0,7</b> 5,6	<b>1,4-0,7</b> 14,7	<b>1,7</b> 15,1	<b>0,8</b> 7,7	<b>0,4</b> 4,6	<b>0,2</b> 2,2	<b>0,3-0,6</b> 6,0
÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷	÷
/+	÷/+	/÷	/÷	/0	/+	++/++	/++
				0			
				÷			
				0			
				+/0			
				++/++			
				+			



**R<sub>a</sub>** Den aritmetiske middelværdi for profilen omkring middellinien



**R<sub>z</sub>** Middelværdien for spids til bundafstande i fem enkelte måledistancer

# KONSEKVENSER VED VALG AF OVERFLADEFINISH

## KONKLUSIONER

- Man kan forringe udgangsmaterialet ved fejlagtige metodevalg
- Ruheden udtrykt som en *Ra*-værdi kan ikke stå alene
- Elektropolering forbedrer korrosionsbestandigheden
- 2B stål forbedres ikke ved slibning men jo finere slibekorn jo bedre hygiejne
- Glasblæsning forringer korrosions- og hygiejneforhold
- Elektropolering kan være en cost-optimal løsning
- En visuel flot overflade er ikke nødvendigvis hygiejnisk

Når det specificeres, hvilken overfladefinish udstyr skal have, er det nødvendigt at overveje konsekvenserne for:

- Hygiejne
  - Hvad ønsker man at opnå
  - Hvordan sikrer man sig, at det ønskede opnås
- Korrosion
  - Hvilke elementer påvirker materialet under drift
  - Hvordan sikrer man sig, at man opnår det ønskede
- Økonomi – *valg af overfladefinish er ikke "gratis"*
  - Omkostninger ved fremstilling af udstyr
  - Omkostninger opstår under drift af udstyr
  - Omkostning ved overfladebehandling

Overfladefinish har ofte været specificeret ud fra vaner og ikke baseret på nærmere overvejelser. Traditionelt har man benyttet en *Ra*-værdi og en subjektiv fornemmelse af, at synligt glatte, spejlblanke overflader er mere hygiejniske. Derfor er kravet til ruhedsfaktoren *Ra* blevet en lavere og lavere værdi.

En anden faktor, der har påvirket kravet til overfladebehandlingen, er den rent visuelle og kosmetiske. Reflekterende overflader kan være problematiske, når meget udstyr er samlet i et lokale, mens en glasblæsning som slutoverfladebehandling – der giver et kosmetisk pænt, ensartet udseende – kan give uforudsete hygiejne- og korrosionsproblemer.

### Overfladebehandling koster!

Valget bliver mellem udgifter til overfladebehandling eller efterfølgende ekstra omkostninger ved rengøring – udgifter til afklaring af hygiejne eller korrosionsproblemer.

Får man omkostninger på overfladebearbejdningen? Eller får man omkostninger ved de efterfølgende korrosions- eller hygiejneproblemer?

Brug denne pjece som checkliste for, at krav til overflader får den nødvendige opmærksomhed, før specifikation bliver skrevet på indkøbsordren. Et forkert valg kan medføre unødige driftsomkostninger med udstyret og kan medføre unødige omkostninger under fremstillingen af udstyret.





## HVAD FORTÆLLER RA-VÆRDIEN, OG HVAD FORTÆLLER DEN IKKE?

*Ra* er den aritmetriske middelværdi for profilen omkring middellinien, *Lm*. *Ra* er derfor en vægtet middelværdi mellem alle de toppe og furer, som ruhedsmåleren passerer under målingen, dvs. nogle få meget dybe ridser eller skarpe toppe får lille indflydelse på ruhestallet, selv om f.eks. den korrosions- eller hygiejnemæssige effekt kan være stor. *Ra*-værdien giver altså meget lidt information om profilkurven – toppene kan være spidse og ligge tæt eller bløde og ligge langt fra hinanden – *Ra* vil have den samme værdi.

*Rz* er et andet meget benyttet mål for karakterisering af overflader, og dette tal repræsenterer middelværdien for spids til bundafstanden i fem enkelte målinger.

### PUBLIKATIONER FRA PROJEKTET

- Mathiesen, T.; Nielsen, T.S.; Frantsen, J.E.; Kold, J.; Boye-Moeller, A.R.; "Overfladefinish og korrosionsbestandighed af rustfrit stål", Dansk Metallurgisk Selskabs Vintermøde, 4.-6. januar 2006, Sorø.
- Mathiesen, T.; Nielsen, T.S.; Frantsen, J.E.; "Pitting Corrosion Resistance of Electropolished Seamless Stainless Steel Tubes Type EN 1.4404", NACE Corrosion 2007, 11-15 March 2007, Nashville, USA.
- Mathiesen, T.; Nielsen, T.S.; Frantsen, J.E.; Kold, J.; Boye-Moeller, A.R.; "Influence of Various Surface Conditions on Pitting Corrosion Resistance of Stainless Steel Tubes Type EN 1.4404", NACE Corrosion 2006, 13-16 March 2006, San Diego, USA.
- Bjørn Godske; "Blanke overflader koster dyrt", Ingeniøren, 28. maj 2004, 3. sektion, Tema: Overfladebehandling, 2-3.
- Jakob Martini; "Fødevarerproducenter kan spare udgifter til hygiejnisk design", Ingeniøren, 11. november 2006, 3. sektion, Tema: Hygiejnisk design, 9.
- Anne R. Boye-Møller, Mette Skrå, Michael Dahl og John Kold fra Teknologisk Institut og Jan Elkjær Frantsen, Troels Mathiesen og Torben Steen Nielsen fra FORCE Technology; Faglig slutrapport: "Overfladebehandling af rustfrit stål – sikring af optimal fødevarerhygiejne og levetid af procesudstyret", forår 2007.
- Kold, J.: "Spar penge med den optimale overfladebehandling af stål", Forspring side 2, september 2004.
- "Slutrapport for forsknings- og udviklingsprojekter med tilskud fra Innovationsloven" til Direktoratet for FødevarerErhverv, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

# PROJEKTDELTAGERE



STÅLCENTRUM  
Procesudstyr til fødevarerindustrien



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



**DANISCO**

First you add knowledge...



**easyfood**



**GEA** Niro A/S  
Process Engineering  
Division



**GRUNDFOS**



**SFK** Systems A/S



Tryk: Prinforparitas A/S