

Eenvoudig te steriliseren oppervlakken dankzij femtosecond-lasers

25 februari 2026, 14:08

Felipe Baroni

Hoe nanotexturering bacteriële hechting beperkt zonder coatings

Bacteriën worden een ernstig probleem wanneer ze zich aan een oppervlak hechten en biofilms vormen. In de gezondheidszorg, voedselverwerkende sector, verpakkingen en watersystemen kunnen zelfs kleine restanten tussen reinigingscycli door hergroei veroorzaken. Antibacteriële oppervlakken krijgen dan ook heel wat belangstelling, niet als vervanging voor reiniging, maar als slimme aanvulling die de hechting van bacteriën vermindert en de reinigbaarheid van bij het begin verbetert.

Waarom bacteriële hechting moeilijker te controleren is dan u denkt

Bacteriële hechting is nooit te wijten aan een enkele factor. Ze hangt af van de soort bacterie (vorm, stijfheid van de celwand, motiliteit en extracellulaire polymeren) en van de omgeving (vochtigheid, temperatuur, stroom en organische resten).



g en
micro- en

sts in realistische
aar het volledige

Twee strategieën voor antibacteriële oppervlakken

Er zijn **twee belangrijke manieren** om antibacterieel gedrag te creëren.

1. Bacteriedodende oppervlakken

Deze oppervlakken maken actief komaf met bacteriën, hetzij door antibacteriële stoffen af te geven, hetzij door contactdodende chemicaliën te gebruiken.

Hoewel ze vaak doeltreffend zijn, roepen ze **belangrijke vragen** op:

- Duurzaamheid op lange termijn
- Mogelijke uitloging van actieve stoffen
- Wettelijke goedkeuring
- Weerstand tegen herhaalde blootstelling aan reinigingsmiddelen, sterilisatie en mechanische slijtage

In veel industriële contexten is robuustheid cruciaal. Elk verlies van activiteit in de tijd vermindert de betrouwbaarheid.

2. Structuurgedreven oppervlakken

Structuurgedreven concepten hebben als doel een stabiele hechting te voorkomen. Eerder dan de bacteriën te doden, bemoeilijkt het oppervlak hun hechting op **mechanische of energetische wijze**.

Het doel spreekt voor zich: vroegtijdige kolonisatie verminderen, de vorming van biofilms vertragen en de efficiëntie van routinematige reinigingsprocedures verbeteren. Omdat die aanpak geen coatings of toegevoegde chemicaliën vereist, wordt hij alsmaar aantrekkelijker voor industriële toepassingen waar **robuustheid en procescompatibiliteit** van groot belang zijn.



Hechtpunttheorie en de rol van nanotopografie

Waarom is structuur zo belangrijk?

De hechtpunttheorie biedt een bruikbare verklaring. De meeste bacteriën zijn ongeveer 1 tot 2 micrometer groot. Ze zijn relatief stijf en verspreiden zich niet zoals zoogdiercellen. De hechtingssterkte hangt nauw samen met het aantal stabiele contactpunten dat ze kunnen creëren.

Als een oppervlak op celschaal veel toegankelijke valleien of groeven biedt, kunnen bacteriën zich stevig verankeren.

Maar als de topografie continu contact beperkt, bijvoorbeeld door pieken, steile hellingen of spleten, neemt de hechting af.

Op nanoschaal kunnen scherpe kenmerken of kenmerken met een hoog profiel lokale mechanische spanning op het celomhulsel veroorzaken. Ook dat bemoeilijkt een stabiele hechting en vroege koloniegroei.

Door de grootte, afstand en oriëntatie aan te passen, kunt u een ‘makkelijk te koloniseren’ oppervlak veranderen in een ‘moeilijk te koloniseren’ oppervlak, zonder daarbij de bulkchemie te



Waarom femtosecond-laserstructurering het verschil maakt

Femtosecond-lasers maken een nauwkeurige controle over de nanotopografie van oppervlakken mogelijk. Een bekend voorbeeld daarvan zijn **Laser-Induced Periodic Surface Structures** of **LIPSS**. Dat zijn rimpelingen op nanoschaal die op een gecontroleerde en herhaalbare manier worden gegenereerd.

Door de vloeiendheid, pulsoverlap, scanstrategie en polarisatie aan te passen, kunt u **welbepaalde nanostructuren** produceren in plaats van willekeurige ruwheid.

Voor een antibacteriële werking is die controle cruciaal. **LIPSS kan**:

- Het effectieve contactoppervlak voor bacteriën verkleinen
- Het aantal stabiele hechtingspunten en hun kwaliteit beperken
- Vroege kolonies verzwakken

De eerste uren na de besmetting zijn doorslaggevend. Als de hechting tijdens die fase instabiel is, vertraagt de biofilmvorming. Naargelang de morfologie kunnen de rimpelingen ook de onthechting tijdens het schoonmaken vergemakkelijken.

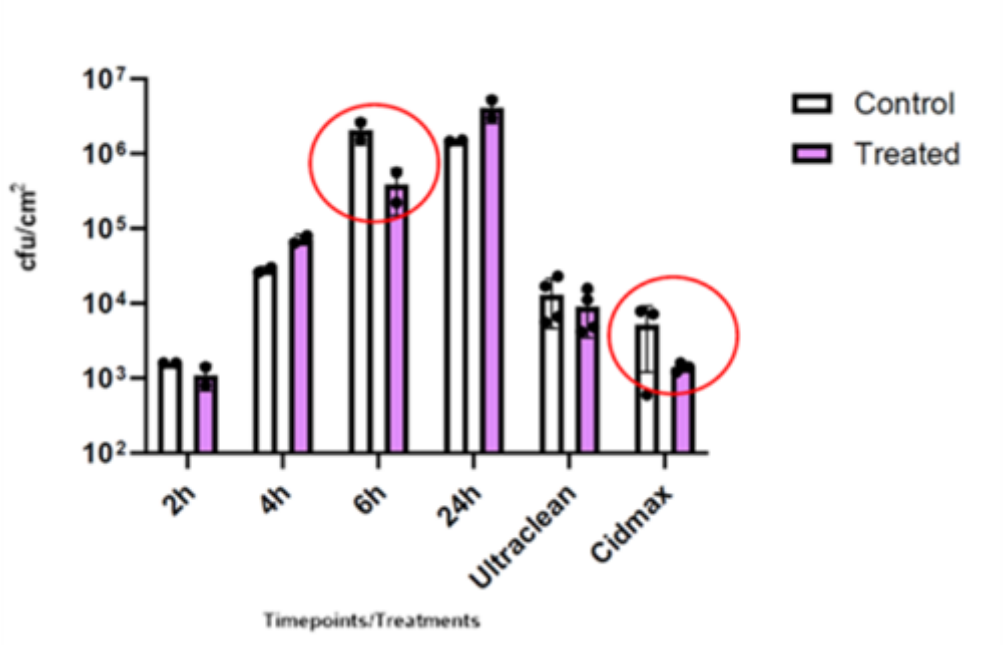
Van concept tot validatie bij Sirris

Sirris ontwikkelt momenteel **gemakkelijk te steriliseren oppervlakken** op basis van het structuurgedreven concept. De doeltoepassingen variëren van deurklinken en handleuningen in medische instellingen tot machineonderdelen in voedselverwerkende en farmaceutische omgevingen.

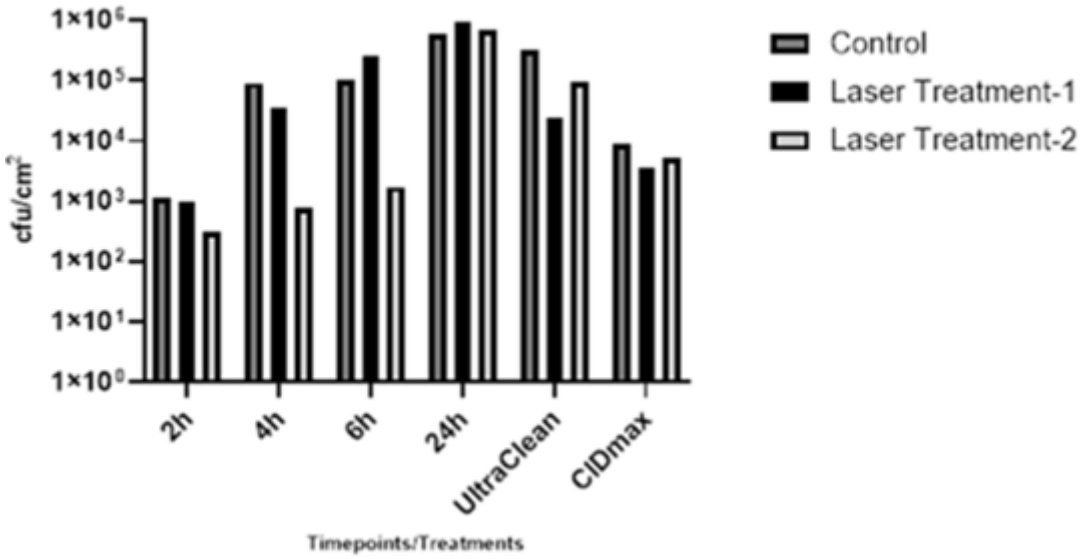
De tests werden uitgevoerd in een **CDC-biofilmreactor**. De oppervlakken werden geënt met de bacterie Staphylococcus aureus, met 2x105 CFU per milliliter gedurende 24 uur bij 37?°C.

Roestvrijstalen en **titanium coupons** werden met LIPSS getextureerd op verschillende golflengtes, van UV bij ongeveer 350?nanometer tot IR bij 1035?nanometer. Het aantal levensvatbare cellen werd gekwantificeerd na 2, 4, 6 en 24?uur. Na een reinigings- en ontsmettingsprotocol met alkalische (UltraClean) en zure (Cidmax) reinigers volgden nog bijkomende metingen.

In de onderstaande figuren toont Plot 1 UV-LIPSS op roestvrij staal en Plot 2 IR-LIPSS op titanium.



Plot 1.?LIPSS-textuur met UV in roestvrij staal



Plot 2. LIPSS-textuur met IR in titanium?

Vaststellingen:

- Op roestvrij staal verminderde UV-LIPSS de hechting aanzienlijk na 6?uur en na desinfectie. Dat draagt bij tot het ‘gemakkelijk te steriliseren’-effect
- Op titanium ging IR-LIPSS de biofilmvorming sterk tegen tijdens de eerste 6?uur. Na sterilisatie bleef het effect zichtbaar, zij het minder uitgesproken

Naar een robuust antibacterieel ontwerp zonder coating

In gecontroleerde tests verminderde LIPSS de bacteriële hechting in vergelijking met onbehandelde materialen. De meest uitgesproken effecten traden op tijdens de vroege incubatie en na de reiniging, naargelang het substraat en de laserinstellingen.

Die bevindingen benadrukken het potentieel van lasergeïnduceerde femtosecond-oppervlaktetexturering voor antibacteriële oppervlakken. Een structuurgedreven ontwerp kan helpen om de biofilmvorming in een vroeg stadium tegen te gaan en de reinigbaarheid te verbeteren. Door nanoschaalstructuren met hoge precisie en herhaalbaarheid te ontwikkelen, kan texturering met een femtosecond-laser een waardevolle aanvulling worden op chemische strategieën, in afwachting van verdere validatie onder toepassingsrelevante omstandigheden.

Volgende stappen naar industriële componenten

De volgende onderzoeksfase gaat verder dan platte testcoupons en richt zich op functionele componenten. Echte onderdelen hebben vaak gebogen geometrieën en complexe vormen, die aangepaste bewerkingsstrategieën vereisen.

Het huidige werk heeft dan ook als doel de antihechtingsprestaties te valideren op industriële componenten die worden blootgesteld aan herhaalde reinigingscycli, mechanische slijtage en realistische vervuilingsscenario's.

Die validatiestap is essentieel om laboratoriumresultaten te vertalen naar betrouwbare industriële oplossingen. Met verdere optimalisatie en toepassingsgerichte afstemming kunnen oppervlakken met nanotextuur bijdragen aan veiligere en robuustere ontwerpen in de gezondheidszorg, de voedingssector en industriële omgevingen.

Bent u op zoek naar antibacteriële of gemakkelijk te steriliseren oppervlakteoplossingen voor uw producten of faciliteiten?

Sirris helpt u om lasertextuurstrategieën te evalueren en te testen in realistische omstandigheden, en om laboresultaten te vertalen naar industriële componenten. Samen kunnen we nagaan hoe nanotexturering uw hygiënestrategie kan bevorderen.

Neem contact op

Dit artikel kwam tot stand in het kader van het BBBC-project FEMTOFUNC, met de steun van de FOD Economie.

Auteurs



Felipe Baroni