

# Fremtidens lim er intelligent designet

Stærk sammenføjning af forskelligartede materialer er en central udfordring i mange industrier. Behovet for en god og billig løsning bliver forstærket af, at man mange steder har fået øjnene op for, at man i kombinationen af materialer med forskellige egenskaber kan opnå både bedre, stærkere og billigere produkter.

Af Mikkel Kongsfelt, RadiSurf

Problemstillingen omkring sammenføjning af meget forskellige materialer fik i 2008 Aarhus Universitet, Grundfos A/S og SP Group A/S til at gå sammen i et forskningsprojekt med det formål at lave en kemisk løsning til vedhæftning mellem metal og plastmaterialer.

I forskningsprojektet blev en teknologi, som kan skabe stærk vedhæftning mellem metalemner og plastmaterialer, udviklet. Teknologien består grundlæggende i, at man fra metaloverfladen syntetiserer polymerbørster, der efterfølgende blandes med plastmaterialet, hvilket skaber en meget stærk binding imellem metal og plast. Polymerkæderne, som normalt er under 100 nm i længden (svarende til størrelsen af virus), er stabile, hvilket gør, at metalemner med polymerbørster kan opbevares på lager eller transporteres andetsteds til videre behandling. Det giver nogle unikke logistiske muligheder sammenlignet med håndteringen af andre primer- og limsystemer, hvilket har stor betydning for både produktion og økonomi.

Da polymerbørsterne på overfladen er kemisk designet til at blande sig med plastmaterialet, kan traditionelle metoder som sprøjttestøbning, solventsvejsning, ultralydssvejsning og varm-pressning anvendes direkte oven på de behandlede overflader. Ved en tilstrækkelig effektiv opblanding af polymerbørsterne med den smeltede plast opnås der en sammenføjning, som endda er stærkere end plastmaterialet selv.

En stærk binding er dog ikke den eneste gevinst ved teknologien. Med god opblanding af de kun omkring 100 nm polymerbørster på metaloverfladen opnås et helt tæt interface med de samme diffusionsegenskaber som plastmaterialet. Det betyder i praksis, at man kan lave en så tæt samling imellem to vidt forskellige materialer, at indtrængning af uønskede væsker kan undgås. Samtidigt formindskes risikoen for bakterievækst, hvilket er et stort problem i udstyr til især fødevarerproduktion.

## En fødevarer sikker løsning

Da teknologien består af et ultratyndt polymerlag, der er kovalent bundet til metaloverfladen, er risikoen for læk af materiale fra interfacet mellem de samlede emner forsvindende lille. Skulle det alligevel ske, vil mængden af materiale i samlingen alligevel være så forsvindende lille, at det næppe vil kunne udgøre en sikkerhedsrisiko. Med den meget mindre risiko for fødevarerforurening sammenlignet med alternativerne åbner teknologien for, at man i fødevarerindustrien fremover vil kunne

anvende nye kombinationer af plast og metal i udstyr til både produktion og håndtering.

## Fra forskningsprojekt til start-up

Da forskningsprojektet sluttede i 2013, stod det endnu ikke klart, hvor de helt oplagte anvendelsesmuligheder lå. Teknologien var uden tvivl grundlæggende stærk, men stadig relativt umoden, så der lå en stor udfordring i at få gjort den markedsklar. I de følgende år fortsatte arbejdet i det små med at udvikle og modne teknologien på både universitetet og i virksomhederne.

I slutningen af 2015 blev beslutningen om at stifte spinoff-virksomheden RadiSurf endelig taget. Målet var at bringe løsninger på markedet. Med støtte fra Innovationsfondens iværksætterpilot-ordning fik direktør Mikkel Kongsfelt mulighed for at arbejde målrettet på en kommercialisering af teknologien. I sit første leveår har RadiSurf været i stand til at vise, at teknologien kan tilpasses kundernes udfordringer og behov. Det har ført frem til den første underskrevne kontrakt. Samtidigt er antallet af medarbejdere steget fra en til fire, hvilket betyder, at virksomheden nu kan løfte selv større opgaver for kunder.

## Sådan hjælpes kunderne med vedhæftningsproblemer

RadiSurf har med ny teknologi potentialet til at styrke mange virksomheders produkter, men der er store udfordringer, når en virksomhed skal drives med fundament i en teknologi og ikke et produkt.

Med udgangspunkt i kundernes problemstilling, laver RadiSurf først et forslag til, hvordan problemet kan løses, og hvordan det i givet fald bedst kan testes. Når den rigtige materialekombination er blevet etableret, indgås et samarbejde med kunden om udvikling og test af prototypeløsninger. Efter fremstilling af et vist antal prototyper – typisk 50-500 stk. – kan kunden vælge at teste løsningen i egen produktion eller hos RadiSurf. Hvis prototyperne viser sig at opfylde alle ønskede krav og specifikationer, vil en reel produktion efterfølgende kunne opsættes med RadiSurf som rådgivere.

Et godt eksempel er en kunde, der stod med problemstillingen at lime træ og aluminium sammen på en god og effektiv måde. Ganske vist findes der i dag glimrende poly(urethan) (PUR) lime til træ, men de binder desværre typisk ikke så godt på aluminiumsoverflader. For at løse denne udfordring, udviklede RadiSurf en belægningsløsning, der nu tillader effektiv



Figur 1. 3D-prints med PMMA filament på en ståloverflade. På den ikke coatede del af overfladen til venstre hæfter printet ikke med et dårligt resultat som konsekvens. På den coatede overflade derimod fås et flot og jævnt print, der er godt bundet til ståloverfladen.

sammenføjning af aluminium og træ med både kommercielle en- og to-komponent PUR-lime. Faktisk viser selve limningen sig at være stærkere end træet, hvori bruddet ene og alene sker i stresstests.

**Fremtidige anvendelsesmuligheder**

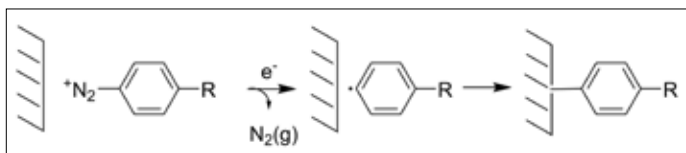
Teknologien finder umiddelbart sit største potentiale inden for områder, hvor eksisterende løsninger ikke er gode nok. Det er typisk områder, hvor der stilles store krav til samlingens tæthed og kemiske sammensætning som inden for fødevarer eller medico, eller hvor samlingens tykkelse er afgørende som for designindustrien. Et område med stort potentiale inden for næsten alle materialer er 3D-print. Når der printes med plastmaterialer, er vedhæftningen af materialet helt afgørende for printets kvalitet. Den nødvendige vedhæftning kan bl.a. opnås ved at lave en coating med RadiSurf-teknologien på metaloverfladen inden printet.

**Den grundlæggende kemi**

Helt grundlæggende laver vi det kemiske link mellem to materialer. Det betyder, at vi i én og samme struktur skal kombinere to funktionaliteter, der kan binde til vidt forskellige materialer. For at takle denne opgave deles processen op i flere trin:

**Trin 1: Skab en stærk binding til metaloverfladen**

Ved elektrokemisk reduktion af et diazoniums salt i opløsning dannes et meget reaktivt arylradikal. Det kan efterfølgende reagere med metaloverfladen og skabe en stærk kovalent binding hertil.



Figur 2. Reaktionsskema for påsætning af et arylradikal på overflader. Først overføres en elektron fra metaloverfladen til reduktion af et diazoniums salt. Under frigivelse af kvælstof dannes det meget reaktive arylradikal, der kan reagere direkte med overfladen.

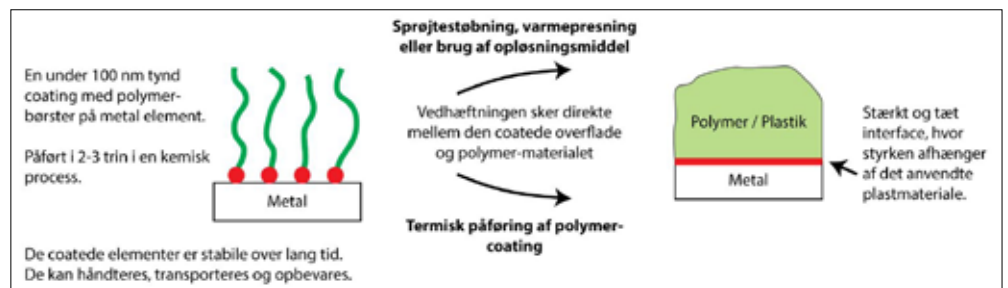
**Trin 2: På metaloverfladen bygges polymerbørster, der matcher plastmaterialet**

De påsatte molekyler er designet med en specifik funktionalitet

gruppe, der kan bruges som initiativ i en polymeriseringsreaktion. Med "Atomic Transfer Radical Polymerisation" kan et lag af polymerbørster bygges kontrolleret op fra metaloverfladen. Ved nøje at styre den kemiske sammensætning, længden af polymerbørsterne og deres tæthed kan laget designes med nøjagtigt de egenskaber, som er nødvendige for, at det kan binde sig til det plastmateriale, der skal bruges som coating.

**Trin 3: Tilføj plastmaterialet**

Det sidste, men meget afgørende trin, er opblanding af det tynde polymerlag på metaloverfladen med det plastmateriale, der skal bindes til. En af de store styrker ved teknologien er, at man kan anvende mange forskellige metoder til at gøre dette



Figur 3. Illustration af den samlede proces i RadiSurf-teknologien. Først laves et tyndt initiativlag på metaloverfladen (de røde cirkler) fulgt af opbygning af et lag polymerbørster i en polymeriseringsreaktion. Laget er omkring 100 nanometer i tykkelsen. Plastemnet kan herefter sprøjtes eller varmpresses direkte ovenpå det coatede metalemne.

– kravet er blot, at plastmaterialets overflade skal være enten opløst eller smeltet, når sammenføjningen sker. Eksempelvis kan sprøjtning af plastmaterialer uden videre anvendes direkte oven på de coatede metaloverflader.

**Fra vedhæftning af termoplast til vedhæftning af gummi**

RadiSurf-teknologien er i første omgang udviklet til coatings bestående af termoplastiske eller termoset-materialer, men mange andre materialer vil i fremtiden også kunne adresseres, herunder gummi. Gummibelægninger anvendes meget i fødevarerindustrien, hvor de udsættes for hårde rengøringsbetinger, der stiller store krav til vedhæftningen. Mange produkter ender med at fejle, fordi vedhæftningen mellem metal og gummi ikke er stærk nok. For fødevarerbranchen er dette specielt kritisk, da man i værste fald risikerer afsmittning fra vedhæftningslaget til fødevarer og/eller drikkevandet.

De kemiske processer i gummi er langt mere komplekse end for termoplastiske/termoset materialer, blandt andet på grund af den vulkaniseringsproces, som gummi gennemgår. Af den grund kan teknologien ikke blot kopieres, men skal videreudvikles for at kunne virke med gummi. RadiSurf har derfor valgt at indgå i et samarbejde med Aarhus Universitet og AVK Gummi A/S. Projektet støttes af Innovationsfonden med 8,8 millioner kroner og løber over de næste tre år. Læs mere om projektet her: <http://innovationsfonden.dk/da/case/molekyler-lim-skal-sammenfoeje-gummi-og-metal>.

E-mail: Mikkel Kongsfelt: [mikkel@radisurf.com](mailto:mikkel@radisurf.com)