



Racesport omarmt geavanceerde materialen

ING N.W. BUIJS / VAN LEEUWEN STAINLESS — BEESD

Als gevolg van de felle concurrentie volgt de racesport de metaalkundige ontwikkelingen in de luchtvaart en de defensie op de voet, met als doel de productie van metalen onderdelen die zeer hoge prestaties kunnen leveren. Eigenlijk wil de racerij voortdurend 'meer uit minder'. 80% van alle onderdelen van een Formule-1 racewagen bijvoorbeeld wordt ieder seizoen gewijzigd of gemodificeerd. Dit heeft een enorme stimulerende uitwerking op de materialentechnologie.

Toeval, onzekerheid en onvoorziene omstandigheden moeten bij de gemotoriseerde racesport zoveel mogelijk worden uitgesloten. Dat betekent dat een constructeur de componenten op de juiste sterkte moet toepassen met een zo laag mogelijk gewicht. Iedere gewichtsbesparing die technisch verantwoord is, zal immers leiden tot een nog 'scherpere'

tijd. Racen zou je kunnen omschrijven als het beheersbaar maken van projectielen. Wat gebeurt er bijvoorbeeld met de mechanische belastingen op onderdelen als een racewagen met een vermogen van pakweg 600 kW die 290 km/h rijdt in nog geen 3 s moet kunnen stilstaan? Zoals gezegd: het afremmen van een projectiel in een zeer korte tijdspanne met behulp van voornamelijk metalen componenten. Het zal duidelijk zijn dat alleen materialen met heel bijzondere eigenschappen in staat zijn aan zulke extreme hoge eisen ten aanzien van energie-afgifte en -absorptie te voldoen. Deze materialen moeten onder alle extreme omstandigheden — zoals buitengewone snelle wisselingen in temperatuur en/of zeer hoge mechanische belastingen — perfect blijven functioneren. Dit betekent dat de prestaties van de materialen te allen tijde voorspelbaar moeten zijn en dat deze gedurende het gebruik qua kwaliteit niet achteruit mogen gaan. Het stre-





Materialen en veredelde bewerkingen

(Foto: OTA)



ven daarbij is steeds 'meer en meer te krijgen uit minder en minder'.

MATRIXCOMPOSITIEN

De onafgebroken drang records te verbeteren, heeft tot enorme doorbraken geleid op materiaalkundig gebied. Materialen die oorspronkelijk zijn ontwikkeld voor de militaire en luchtvaartindustrie zijn door de industrie snel opgepakt ten behoeve van allerlei andere toepassingen zoals de racesport.

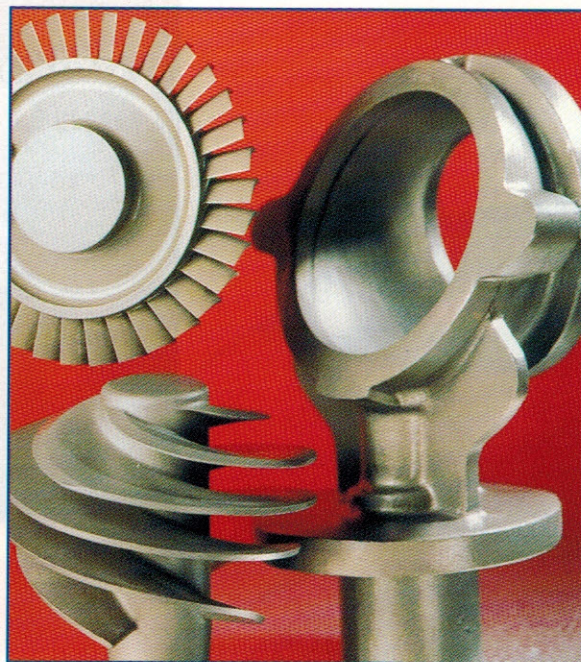
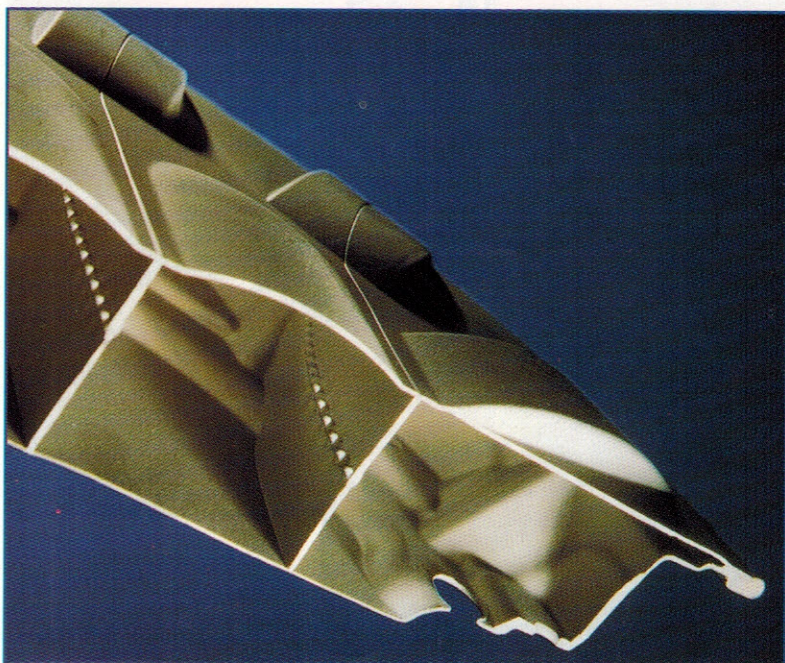
Een sprekend voorbeeld is de vervanging van aluminium door aluminiummatrixcomposieten waardoor een extreme gewichtsbesparing optrad. Dit ging gepaard met een enorme toename van de mechanische eigenschappen. De sterk verbeterde stijfheid bij de aluminiummatrixcomposieten ten opzicht van de conventionele aluminiumlegeringen heeft geleid tot veel meer toepassingen en tot verdere gewichtsbesparingen.

Metaalmatrixcomposieten zijn com- ▶

■ Foto boven: Gesmedde schoepen van titaan ten behoeve van straalmotoren

(foto's: Doncaster)

■ Foto links: Smeedstukken van titaal en staal ten behoeve van de automobilindustrie



■ **Doorsnede van een vleugel van titaan die vervaardigd is door superplastisch-vormen gecombineerd met diffusielassen**

■ **Titaan gietstukken.** Sinds titaan is ontdekt in de racesport zijn de prestaties van diverse onderdelen drastisch verbeterd

binaties van bestaande aluminiumlegeringen met ultrafijne siliciumcarbidevezels (afmeting 2 µm tot 3 µm) die ingebed liggen in de aluminiummatrix. Dergelijke composieten bieden daarom constante en zeer hoge mechanische waarden gecombineerd met een lage dichtheid en hoge stijfheid. Praktisch alle Formule 1 racewagens en Indycars hebben remmen koppelingssystemen waarin diverse componenten gemaakt zijn van aluminiummatrixcomposieten die met behulp van isothermisch smeden (zie kader) tot stand zijn geko-

men. Deze componenten vervormen zelfs niet bij constant hoge temperatuurbelastingen zoals die voorkomen bij remsystemen.

De inzet van deze composieten heeft bijgedragen tot een aanmerkelijke verkorting van de remtijd tijdens de snelle ritten van de racewagens. Behuizingen van koppelingen, wielnaven, schijven e.d. profiteren ook van de stijfheid, waardoor gewichtsreducties met een factor twee mogelijk zijn ten opzichte van de conventionele aluminiumlegeringen. Componenten van metaalmatrixcomposieten

zijn goed mechanisch te bewerken en men kan volstaan met geringe bewerkingstoeslagen.

GELEGEERD STAAL

Gelegeerde staalsoorten worden nog steeds gebruikt ten behoeve van de transmissie waar duurzaamheid, slijtbestendigheid en hardheid cruciaal zijn. Smeedstukken hebben een textuur (vezelrichting) die zich laat 'meebuigen' met de vorm. Daardoor zijn de vermoeiingseigenschappen veel beter dan die van gietstukken of mechanisch bewerkte delen vanuit staf of plaat. Andere toepassingen van gelegeerde staalsoorten zijn bijvoorbeeld tandwielen van versnellingsbakken, assen, differentieelwiel en rondsels.

NIKKELLEGERINGEN

Nikkellegeringen hebben een dichtheid die circa 15% hoger is dan die van staalsoorten, maar ze zijn meer kruipbestendig. Ze behouden hun sterkte bij langdurig gebruik, ook bij gebruikstemperaturen die liggen tussen 600 °C en 1000 °C. Daarom zijn hoogwaardige nikkellegeringen geschikt voor onderdelen van turbocompressoren zoals de turbowaaier en andere kritische componenten. Onderzoek ten behoeve van straalmotoren hebben nikkellegeringen opgeleverd die probleemloos de gigantische krachten kunnen opvangen die door supersonische snelheden op de voeten van de schoepen ontstaan.

Tabel. Processen die geschikt zijn voor de verwerking van diverse metaalsoorten

materiaal	matrijssmeden		centrifugaalgieten		vormen en lassen		bewerken	
	isothermisch	conventioneel	verloren wasmethode	zand	superplastisch vormen	MIG TIG laser en plasma lassen	elektrochemisch	CNC-bewerkingscentrum
titaan	x	x	x	x	x	x	x	x
titaanaluminide	x						x	
aluminiumlegeringen	x	x			x	x	x	x
aluminiummatrixcomposieten	x						x	
gelegeerd staal	x	x			x	x		x
nikkellegeringen	x	x			x	x	x	x
magnesium	x	x						x
zirkoon		x	x	x				x

(bron: Mark Hancock van Doncaster UK)

Verbeteringen in fabricagemethoden verhogen prestaties onderdelen

Met de opkomst van geavanceerde materialen veranderen de fabricagemethoden van vele metalen onderdelen. Dit heeft een behoorlijke uitwerking op de prestaties van deze componenten. De tabel geeft een overzicht van de bewerkingsprocessen die nu reeds mogelijk zijn met diverse metalen.

Om het maximale uit de componenten van geavanceerde metalen te halen, veredelt men de productiemethoden voortdurend. Een van de aansprekende voorbeelden is de komst van het isothermisch smeden. In dit proces worden de matrijzen verhit door inductiespoelen, waardoor de matrijzen dezelfde temperatuur krijgen als het werkstuk. Ook wordt de deformatie bij lage vervormingsnelheden van het metaal gedurende het gehele smeedproces nauwkeurig bijgehouden door een computer, waardoor men de fysische eigenschappen kan voorspellen van het uiteindelijke smeedstuk. Dergelijke smeedstukken bezitten een uniforme homogene structuur met een hoge zuiverheid.

Isothermisch smeden kan zowel in een vacuüm of een inerte atmosfeer plaatsvinden, opdat er geen oxidatie van het smeedstuk en de matrijzen zal optreden. Componenten die ontworpen zijn ten behoeve van de luchtvaartindustrie, zoals bijvoorbeeld turbinebladen, moeten exact voldoen aan de eisen die men daaraan tevoren heeft gesteld. Dat kan dankzij dit isothermisch smeden. Dit revolutionaire smeedproces is dan ook de *state of the art*-methode om uiterst kritische onderdelen te vervaardigen van bijvoorbeeld aluminiummatrixcomposieten, nikkel en titaanaluminide. Dit laatste materiaal heeft bij hoge temperatuur dezelfde eigenschappen als sommige nikkellegeringen, maar de eigen massa bedraagt slechts de helft. De grootste smeedstukken die met dit proces gemaakt worden, hebben een eigen massa van ongeveer 200 kg en de maximale diameter is circa 700 mm.

Isothermisch smeden is op zich geen algemeen wonderproces om eindeloos allerlei vormen in diverse metalen te verkrijgen. Toch kan men in

combinatie met moderne elektrochemische verspaningstechnieken tot eindproducten komen die met conventionele vervaardigingstechnieken zeer moeilijk of onmogelijk tot stand waren gekomen. Bij een elektrochemisch proces komen er tijdens de materiaalafname geen vonken of elektronenbundels vrij die lokaal tot hoge temperaturen in het werkstuk zullen leiden. Bovendien is er ook geen sprake van een fysisch contact tussen 'gereedschap' en product. De microstructuur en de oppervlaktekarakteristieken zullen derhalve dezelfde blijven met het gebruik van elektrochemisch bewerken na het isothermisch smeden. Uiteraard garandeert dit weer een constante homogene kwaliteit van het onderdeel.

Voor het vervaardigen van complexe driedimensionale onderdelen in een enkelvoudige fabricage van titaan, aluminium, speciale staalsoorten en nikkellegeringen kan superplastisch vormen uitkomst bieden. Met dit proces wordt een plaat van het gewenste metaal geplaatst tussen de helften van

een matrijs en verhit tot een van tevoren bepaalde temperatuur. Met behulp van heet argongas wordt de plaat in de gewenste vorm geforceerd. Dit proces is een ideaal alternatief voor metalen die gedurende conventionele vervormingsprocessen de neiging vertonen krom te trekken. Superplastisch vormen wordt in de praktijk veelal gebruikt in combinatie met diffusielassen dat plaatsvindt onder hoge druk en temperatuur.

Meestal gebeurt dit diffusielassen met dunne platen van titaan die als een sandwich worden samengesteld. Op de raakvlakken ontstaat door de hoge druk en temperatuur een metaalbinding waardoor het metaal zich aan elkaar 'verlost'. Dankzij de combinatie van superplastisch vormen en diffusielassen ontstaan mechanisch zeer sterke componenten die qua vorm zeer complex en uitermate licht kunnen zijn. Men kan zowel holle vormen als honingraatstructuren bereiken die gebruikt kunnen worden als componenten voor chassis en uitlaatspruitstukken. Dergelijke producten worden dus in een keer vervaardigd.

De eigenschappen van het metaal titaan zoals lage dichtheid, hoge corrosiebestendigheid en goede mechanische sterkte, heeft dit metaal — mede door zijn goede verkrijgbaarheid — gemaakt tot een 'ster' onder alle moderne metaallegeringen. Het aantal toepassingen voor titaan en titaanlegeringen is de laatste jaren enorm toegenomen omdat de aantrekkelijke gewicht/sterkte-verhouding hier toe aanleiding gaf. Sinds titaan is ontdekt in de racesport, is statistisch bepaald dat de prestaties van componenten zoals versnellers, vertragers, nokkenassen, kleppen, zuigers, krukken en verbindingssassen drastisch zijn toegenomen. Zo is het aantal rotaties per tijdseenheid van de motoren sterk toegenomen, en leiden ge-

wichtsbesparingen tot minder initiële verliezen, hogere toerentallen en meer vermogen. Schokdempers, stuurassen en wielnaven van titaan, aluminium en aluminiummatrixcomposieten kunnen probleemloos gemaakt worden met behulp van het isothermisch smeden. Een nieuwe ontwikkeling wordt dat men gietstukken van titaan gaat gebruiken als behuizing voor bijvoorbeeld de transmissie, omdat dergelijke gietstukken ook enorme krachten kunnen opvangen.

Aluminiumberylliumlegeringen zullen meer toegepast worden in de racesport omdat ze 25% lichter en drie keer zo stijf zijn dan de conventionele aluminiumlegeringen. Deze eigen-

senschappen komen goed van pas bij het maken van producten zoals zuigers, verbindingssassen, cilindervoeringen en componenten voor rem- en transmissiesystemen.

Wielen kunnen tegenwoordig ook gesmeed worden uit magnesium. Hierdoor verbetert hun textuur, waardoor ze veel minder gevoelig zijn voor vermoeiing dan de gegoten uitvoering. Dit is van grote betekenis omdat het gebruik van het zeer lichte magnesium tot nog grotere gewichtsbesparingen zal leiden. ■

Met dank aan Mark Hancock van Doncaster UK die de nodige informatie ter beschikking heeft gesteld.