

Auto & Motor
TECHNIEK

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Een auto van 1200 kg die 120 km/h rijdt bevat 666 kJ aan bewegingsenergie. Voor wie aan de lijn doet, dat is 159 kcal. Verschijnt er een opstapel op de weg, dan is het aan de remmen om die energie binnen enkele seconden in warmte om te zetten. En wie zich bedenkt dat 666 kJ voldoende is om bijna twee liter ijskoud water aan de kook te brengen, snapt dat het er dan heftig aan toe gaat, daar op het wrijvingsvlak tussen remblok en remschijf. Hoe heftig? Dat vroegen we aan Brembo.



Van 300 naar 100 in 1,3 seconde!

Remmen als Schumacher

Ingenieur Pachiana toont een grafiek afkomstig van het Ferrari Formule 1-team. Het bergland-schap geeft de snelheid gedurende een snel rondje van Schumacher weer. Raceteams bekijken die grafiekjes om te zien waar op het circuit ze nog fracties van seconden kunnen winnen. Brembo gebruikt ze als hulpmiddel om de prestaties en belasting van het remsysteem te analyseren. Een Formule 1-auto accelereert razendsnel, dus na iedere bocht schiet het lijntje scherp omhoog. Toch zijn de dalende flanken nog veel steiler. Voor iedere bocht gaat het bijna loodrecht omlaag. Het meest adembenevend is de deceleratie aan het eind van het rechte stuk. Schumacher remt daar zijn bolide af van 300 naar 100 km/h in... 1,3 seconde! Fenomenaal, dat hij zo laat durft te remmen, 200 km/h langzamer in maar 1,3 seconde! Dat komt overeen met een deceleratie van ruim 4 g, vier maal de gravitatieversnelling! "Alsof je tegen een muur oprijdt", zegt Pachiana droog. Alleen, er is geen muur. Er zijn slechts 4 setjes remblokken die met grote kracht tegen vier gloeiend hete Brembo 'carbon-carbon' remschijven worden gedrukt.

Zelf gieten

Van remschijven onder alledaagse auto's wordt verwacht dat ze langer meegaan dan anderhalf

uur. Verder moeten ze ook al onder de 400°C prima functioneren en bovendien moeten ze ook nog eens betaalbaar zijn. Daarom zijn ze, in tegenstelling tot Formule 1-remmen niet van carbon maar van gietijzer.

Vroeger kocht Brembo de gietstukken in en deed het alleen de machinale bewerking ervan in eigen huis. Maar omdat de structuur en samenstelling van het gietijzer bepalend zijn voor de kwaliteit van het eindproduct streeft de Italiaanse remmenfabrikant ernaar 70% van de jaarlijkse productie van 32 miljoen stuks zelf te gieten. Om die reden opent Brembo volgend jaar een ijzergieterij in Polen met een jaarcapaciteit van zo'n 7 miljoen gietstukken. En ook om die reden kocht men in 1997 de FOMM-gieterij in Mapello nabij thuisbasis Bergamo. Het grondstoffenmagazijn van FOMM (Fonderia Officine Meccaniche Mapello, Brembo heeft de naam gehandhaafd) maakt een wat slordige indruk. Het is gevuld met drie soorten oud ijzer: één, conservenblikjes; twee, afgekeurde remschijven en smeltbanen uit de gieterij; en drie, grotere gietijzeren sloopdelen waaronder oude remschijven uit ruilprogramma's. Het is dit oud ijzer waarmee de smeltoven gevuld wordt. Dat maakt de remschijf een recycleproduct bij uitstek.

Maar roept wel meteen de vraag op of het wel

verstandig is om een product, waarvan de samenstelling en materiaalstructuur zo belangrijk zijn voor de kwaliteit, uit drie soorten afval te maken? "Natuurlijk kennen wij de exacte specificaties van de drie stromen", legt onze begeleider Marco Pinnacoli uit. Er gaan steeds exacte hoeveelheden van de drie stromen naar de smeltoven. Bovendien voegen we er nog, heel nauwkeurig gedoseerd, een aantal elementen aan toe. Neem silicium, het belangrijkste element. Dat vergemakkelijkt het gieten, maar in een te grote hoeveelheid verzwakt het de structuur van het gietijzer."

De smeltoven wordt gestookt met cokes. Het koolstof daaruit wordt opgenomen in het vloeibare ijzer. De hoeveelheid koolstof is erg bepalend voor de eigenschappen van het gietijzer. Grijs gietijzer heeft een relatief hoog koolstofpercentage van tussen de 3,2 en de 3,7%. Dat geeft grijs gietijzer goede warmtegeleidende eigenschappen en maakt het materiaal dus geschikt voor remschijven. Veel koolstof maakt het materiaal wel minder sterk en daarom is het van belang dat het koolstof als grafietslamellen, die op vezels lijken, in het metaal is opgenomen.

In de smeltoven worden het koolstof- en siliciumgehalte, evenals de temperatuur iedere twintig minuten gecontroleerd en bijgesteld. De



Roodgloeiende remschijven zijn een vertrouwd beeld in zowel de Formule 1 als op de Brembo-testbanken. De CCM-remschijven voor straatgebruik in Porsches, AMG-Mercedessen en Ferrari's staan temperaturen tot 1000°C toe.



De belangrijkste grondstof voor remschijven: afval.



Zandmallen voor het hart van geventileerde schijfremmen. Let op de lamelvorm die het eindproduct ermee krijgt, die is gepatenteerd door Brembo. De Italianen spreken van Pillar Venting Technology (PVT). Brembo claimt met deze lamelvorm meer warmte over te kunnen dragen en zo de vorming van hittescheurtjes in de remschijf te voorkomen.

aanwezigheid van nog 25 elementen, toevoegingen en onzuiverheden, wordt met een lagere frequentie gemonitord. Overigens wordt er voor verschillende remschijven gewerkt met verschillende materiaalstellingen. Zo heeft Brembo voor toepassingen bij Mercedes BMW en Audi High Carbon remschijven ontwikkeld. Het hogere koolstofgehalte (meer dan 3,5%) dempt geluid en trillingen beter en voorkomt fading door een betere warmtegeleiding.

Zandkoekjes

Vanuit de oven gaat het vloeibaar ijzer naar de gietmallen. Remschijven worden gegoten in meervoudige gietvormen. Dus, voor de allergrootste diameters twee in één vorm, de kleinste remschijven gaan gezellig met zijn negenen bij elkaar en het meest voorkomend is vijf of zes in één gietvorm. Overigens produceert Brembo zo'n negenhonderd verschillende typen remschijven die ieder hun eigen gietvormen hebben. "En daarbij maken we geen onderscheid tussen eerste montage en aftermarket", benadrukt Pinnacoli.

Tussen de remschijven zorgen gietkanaaltjes voor een gelijkmatige verdeling van het gietstel. Die gestolde kanaaltjes, de smeltbanen, komen later weer in het grondstoffenmagazijn terecht. Voor het gieten worden de mallen die met de twee zijkanalen overeenkomen gevuld met een mengsel van zand, klei en water, dat door een perskop wordt samengedrukt in de juiste vorm. Dat volstaat als het gaat om een massieve remschijf, bij een geventileerd exemplaar wordt het iets gecompliceerder. Een geventileerde remschijf zet als een turbine de lucht die er door stroomt in beweging om er meer aan te kunnen

Vanuit drie bunkers gaan exacte hoeveelheden van drie oudijzerstromen met een treintje naar de smeltoven.

De vorm, lengte, richting, homogeniteit en hoeveelheid grafietlamellen in de kristalstructuur is zeer bepalend voor de sterkte, warmtegeleiding en weerstand tegen slijtage van het gietijzer. De visuele



controle onder de microscoop is daarom een belangrijk onderdeel van de kwaliteitscontrole. Overigens uit een percentage van 3% koolstof zich in het beeld als 12-15 %, door het verschil in dichtheid tussen ijzer en grafiet.

Het zijn niet alleen de eigen remschijven die Brembo op kwaliteit controleert. Ook de concurrentie wordt scherp in de gaten gehouden, getuige het afgewerkte materiaal onder het bordje 'concorrenza'.



afstaan. Dat maakt tijdens het gieten wel een 'zandkoekje' nodig dat de ruimte tussen de turbinelamellen opvult. Die zandkoekjes bestaan uit een mengsel van zand en hars en zijn zo voldoende stevig voor hun positie in het midden. Ze zijn zelfs zo stevig dat ze na afloop van het gieten (eerst gecontroleerd afkoelen) keurig in het gietstuk blijven zitten. Daarom worden de aanstaande remschijven door een soort reuzenbetonmolen geleid die het zandharsmengsel er met geweld uitschudt. Terwijl het hele gietproces volautomatisch verloopt, zijn het aan het einde van de lijn mensenhanden die de remschijven sorteren. Om ze daarbij te helpen hangen er een aantal voorbeelden aan de wand. De groene voorbeeldgietstukken zijn OK. Sommigen zijn niet helemaal gaaf, maar hun beschadigingen zijn zo klein dat ze verdwijnen tijdens de machinale bewerking. De gele hebben een meer serieuze beschadiging of afwijking en krijgen eerst een aparte nabewerking. Als een gietstuk er zo uitziet als een van de rode voorbeelden is er echt iets mis gegaan bij het gieten. Die exemplaren gaan terug naar af, het grondstoffenmagazijn. Overigens mag ook de rest nog niet op transport naar de nabewerking, want eerst wacht de kwaliteitscontrole. Naast een chemische analyse, tests op restspanningen, afmetingen en mechanische eigenschappen als treksterkte en hardheid draait het daar om de kristalstructuur. De gietknowhow uit zich in de vorm, hoeveelheid, lengte en richting van de grafietlamellen, omdat dat essentieel is voor de eigenschappen van het gietijzer. Vandaar dat er met iedere pro-

REPORTAGE

Techniek en productie van remschijven

ductiebadge een rapport meegaat waarin microscopische opnamen van de kristalstructuur een belangrijke plaats innemen.

Dubbele controle

Het eerste wat een serie van zo'n 3000 remschijven gebeurt als ze van de vrachtauto komen bij de bewerkingsfabriek, is dat er zich opnieuw een aantal voor de kwaliteitscontrole moeten melden. En ondanks een prachtig kwaliteitsrapport van de gieterij wordt er opnieuw gemeten en getest. Overdreven? Marco Pinnacoli vindt van niet: "De bewerkingsfabriek heeft zijn eigen verantwoordelijkheid en controleert dus wat ze binnen krijgt. En vergeet niet, wij kopen ook gietstukken in van externe leveranciers. Natuurlijk maken we de grootte van de steekproef wel afhankelijk van eerdere ervaringen met de leverende gieterij."

In de bewerkingsfabriek worden remschijven in vier stappen afgedraaid. Van de remvlakken gaat 1 à 2 mm af. Allereerst omdat de oppervlakte van het gietstuk te ruw is maar ook omdat de juiste kristalstructuur pas op die diepte gevonden wordt. Ook de zijvlakken en de binnen- en buitendiameter van de drager worden netjes afgedraaid. Het afdraaien is natuurlijk volledig geautomatiseerd, net als het boren van de gaten in de drager. Overigens wordt er ook geboord in de remvlak-



Is er nog maar één putje zichtbaar op een Easy Check-remschijf dan rest nog 20% slijtage tot de minimumdikte. Komt de auto voorlopig niet terug voor onderhoud dan is vervanging de juiste keus. Zeker omdat een dunnere remschijf minder massa omvat en daardoor sneller heet wordt. Hoe hoger de temperatuur, hoe lager de wrijvingscoëfficiënt tussen gietijzer en remblok en dus hoe langer de remweg. Is er geen putje meer zichtbaar dan is het advies: onmiddellijk vervangen. En hoe weet je dan nog dat het een Easy Check-remschijf is? Goede vraag, dat staat op de omtrek.

Brembo verwacht dit jaar zo'n 10.000 Ceramic Composite Material (CCM) remschijven te produceren. Een klein deel daarvan gaat als complete module naar Ferrari om daar onder de Enzo te worden gemonteerd.

CCM-rapportcijfers

Carbon-carbon remschijven worden al sinds de jaren '70 gebruikt. Eerst alleen in de luchtvaart, later ook in de racerij. Ze zijn licht en hebben een hoge wrijvingscoëfficiënt, die ook nog eens hoog blijft als de temperatuur tot extreme waarden oploopt. Toch hebben ze ook nadelen. Het materiaal heeft

ken van sommige remschijven. Het gaat om remschijven van het type 'Easy check'. Ze krijgen twee putjes in het remvlak. De eerste is tot op de minimum dikte geboord, de tweede tot 20% daarvoor. Dat maakt ze tot een handig hulpmiddel voor de autotechnicus om de mate van slijtage te bepalen én om de klant te overtuigen dat hij echt aan nieuwe remschijven toe is. Behalve remschijven produceert Brembo ook complete modules. Die omvatten behalve een remschijf ook remklauw, remblokken, naaf en soms zelfs ook veerpoot en wieldraagarmen. Voor de montage heeft de fabriek aparte vierkante meters gereserveerd voor onder meer topmerken als Porsche, Mercedes, Audi, Ferrari, Aston Martin, Lamborghini en Volkswagen Touareg. Behalve glimmend gietijzer zien we hier toch ook enkele carbonzwarte schijven. Het blijken de high performance CCM (Ceramic Composite Material) remschijven te zijn. Ingenieur Pachiani: "Qua

een geringe hardheid, wat zeker in natte omstandigheden leidt tot razendsnelle slijtage. Daarnaast is de wrijvingscoëfficiënt bij temperaturen onder

de 400°C erg laag, zodat er dan van noemenswaardige remprestaties geen sprake is. In een joint venture met DaimlerChrysler heeft Brembo CCM-

composietmateriaal ontwikkeld. Daarbij is de matrix niet meer van carbon maar van siliciumcarbonaat. De tabel toont het resultaat in cijfers.



	Grijs gietijzer	Carbon-Carbon	CCM	Maat voor:
Dichtheid (g/cm ³)	7,2	1,8	2,3	Gewicht
Uitzetting (1/K*10 ⁻⁶)	11	1,5	2,2	Fadinggevoeligheid
Vickers-hardheid (N/mm ²)	600	30	3000	Levensduur



Sinds een jaar heeft Brembo pal naast de ijzergieterij in Mapello de beschikking over een hagelnieuwe aluminiumgieterij. De productie bestaat uit remklauwen en aluminium wielen voor motorfietsen.

dichtheid (gewicht) en weerstand tegen fading halen ze op een haar na het niveau van de carbon-carbon raceremschijven en wat slijtvastheid betreft overtreffen ze de gietijzeren remschijf." Eigenlijk hebben deze CCM-schijven maar één nadeel, hun prijs. Ze kosten meer dan het tienvoudige van gietijzeren exemplaren. Was dat niet zo dan werden we allemaal kleine Schumachertjes.

Erwin den Hoed