

V E S P E L<sup>®</sup>

S

L I N E

**TYPISCHE  
EIGENSCHAFTEN  
VON VESPEL<sup>®</sup>  
TEILE & HALBZEUGE**



DuPont<sup>™</sup> Vespel<sup>®</sup>  
forward engineering



*The miracles of science<sup>™</sup>*

# Inhalt



## **VESPEL®: Der Werkstoff für ein neues Zeitalter**

**4–5**

«Ausgeklügelte Konstruktionen fordern heute nicht nur immer kleinere und leichtere Teile, sie müssen zudem über breitere Temperaturbereiche einsetzbar sein. Bauteilkonstruktionen werden immer komplexer, Anforderungsprofile an Produkte immer anspruchsvoller und Garantiezeiten immer länger. Das sind die Gründe, warum sich mehr und mehr Ingenieure für VESPEL® von DuPont entscheiden.»



## **Außergewöhnliche Leistungsfähigkeit**

**6**

«Teile aus VESPEL® Polyimid zeichnen sich durch ein ideales inhärentes Eigenschaftsprofil aus: Sie vereinen physikalische Eigenschaften von Metall, Keramik und Kunststoff. Das Ergebnis: Teile aus VESPEL® sind nahezu verschleißfest, ihr Kriechwiderstand ist sehr gut, und sie schmelzen nicht...»



## **Auf diese Partnerschaft ist Verlaß**

**7**

«...Sie brauchen heute mehr als nur einen Werkstofflieferanten. Von DuPont erhalten Sie maßgeschneiderte Hochleistungsteile aus VESPEL® in Verbindung mit fachmännischer Beratung. Darüber hinaus finden Sie in DuPont einen Partner, der Ihnen von der Kunststoffentwicklung über Entwurfs- und Konstruktionsphasen bis zur Fertigungsreife Ihres Produktes zur Seite steht.»



## **VESPEL® kann zur Rentabilitätssteigerung beitragen**

**8–9**

«Der Einsatz von Teilen aus VESPEL® kann sich mehrfach bezahlt machen aufgrund seiner hohen Zuverlässigkeit sowie der niedrigen Kosten für Fertigung und Wartung.»



## **Technische Daten für Teile aus VESPEL® Polyimid**

**10–15**

«Im Gegensatz zu vielen anderen Kunststoffen sind Teile aus VESPEL® inhärent zäh. Folglich entfällt die Zugabe von abrasiven Füllmitteln oder Fasern zur Leistungsverbesserung.»

## Einführung

Vielen Dank für Ihr Interesse an Polyimidteilen aus VESPEL® von DuPont. Das VESPEL® Produkt-Team freut sich, Ihnen unser Produkt und unsere Dienstleistungen auf diesem Wege vorstellen zu dürfen.

Hinter dem VESPEL® Team von DuPont steht die Motivation, die veränderten Bedürfnisse des Weltmarktes in hervorragender Weise zu erfüllen. Wir bieten Ihnen hochentwickelte Produkte, die Erfahrung und den Beistand unserer Entwicklungs- und Produktionsingenieure, die mit den modernsten Fertigungstechniken sowohl für Rohstoffe als auch für Bauteile vertraut sind. Andere Mitarbeiter stellen sicher, daß Sie Ihre qualitativ hochwertigen Teile und Halbzeuge aus VESPEL® schnellstmöglich erhalten.

Unsere Aufgabe besteht darin, Ihrem Produkt von der Entwurfsphase bis zur Fertigungsreife zum Erfolg zu verhelfen, über Materialauswahl, Bauteilanalyse, Prototypenherstellung, Tests, Qualitätskontrolle bis zu fertigen Teilen und Halbzeugen.

Diese Broschüre enthält eine Zusammenstellung von Artikeln, die die Anwendungsmöglichkeiten von VESPEL® Polyimid beinhalten und Hintergrundinformationen zu dessen Entwicklung, Anwendungsmöglichkeiten, Kosteneffizienz und technische Daten geben.

Wir hoffen, daß Sie in dieser Broschüre einige Anregungen finden, wie VESPEL® Ihnen bei der Lösung von konstruktiv-technischen Herausforderungen helfen kann. Sollten Sie weitere Fragen haben oder zusätzliche Informationen benötigen, setzen Sie sich mit einer der rückseitig angegebenen Adressen in Verbindung.

Alle VESPEL® Fertigungsstätten sind nach ISO 9001 und QS 9000 eingestuft.



## Teile aus VESPEL® bieten ein ideales Eigenschaftsprofil

Teile aus VESPEL® werden von DuPont auf der Basis von Polyimiden nach Kundenanforderungen maßgeschneidert, um die Eigenschaften von Kunststoff, Metall und Keramik zu kombinieren. Sie sind hochgradig verschleißfest, ihr Kriechwiderstand ist hervorragend, und sie schmelzen nicht. Dank dieses Eigenschaftsprofils können sie sich unter vielseitigen Umgebungsbedingungen behaupten.

Einige Eigenschaften von VESPEL® Teilen:

- *sehr gute Verschleißfestigkeit* in geschmierter oder ungeschmierter Umgebung (Druck-Geschwindigkeitsgrenze bis 12 MPa · m/s ungeschmiert, unter Schmierung noch höher),
- *im Dauerbetrieb* von Tiefstemperaturen bis zu 288°C und kurzfristig bis zu 482°C einsetzbar,
- *Belastbarkeit* bei Temperaturen, die für viele andere Kunststoffe unerreicht ist,
- *niedrige thermische und elektrische Leitfähigkeit*,
- *Dichtungsanpassung*, jedoch beständig gegen bleibende Verformungen. Sie bieten eine zuverlässigere Dichtung als viele Metall-Metall-Dichtungen, die mit weit aus engeren Toleranzen bearbeitet werden müssen,
- *einfache Bearbeitung* ohne Spezialmaschinen oder -verfahren.

## VESPEL® läßt sich so leicht bearbeiten wie Messing

Obwohl DuPont Fertigteile liefert, können Sie Halbzeuge aus VESPEL® auch selbst bearbeiten.

Mit üblichen Metallbearbeitungsmaschinen lassen sich Halbzeuge aus VESPEL® mit so engen Toleranzen bearbeiten, wie sie ursprünglich den Einsatz von Kunststoffen ausgeschlossen. In den meisten Fällen können die für die Messingbearbeitung üblichen Techniken direkt übertragen werden. Halbzeuge aus VESPEL® lassen sich aufgrund ihrer mechanischen Festigkeit, Steifigkeit und Dimensionsstabilität relativ leicht bearbeiten.

Eine umfassende Anleitung zur Bearbeitung von VESPEL® Halbzeugen finden Sie in dem «Konstruktionshandbuch» von DuPont.

### Anleitung zur Materialauswahl – VESPEL® SP für anspruchsvolle Anwendungen

Typ	Typische Anwendungsgebiete	Typenbeschreibung
SP1	Mechanische und elektrische Teile bei <i>hohen Temperaturen</i> . Ventilsitze, Dichtungen, Isolatoren.	Ungefüllter Grundtyp. Maximale Festigkeit und Dehnung: niedrigster Modul und geringste thermische Leitfähigkeit; optimale elektrische Eigenschaften.
SP21	Für geschmierte oder ungeschmierte Anwendungen, die <i>geringe Reibungs- und Verschleiß</i> eigenschaften erfordern. Ventilsitze, Dichtungen, Lager, Anlaufscheiben, Dichtungsringe.	15% Graphit (Gewichtsprozent). Verbessert die Verschleißfestigkeit und die Wärmealterung.
SP22	Anwendungen, bei denen ein <i>niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient</i> wichtiger ist als die Festigkeit (die leicht reduziert ist). Lagerbuchsen, Anlaufscheiben usw.	40% Graphit (Gewichtsprozent). Reduziert den Wärmeausdehnungskoeffizienten, maximale Kriechfestigkeit.
SP211	Anwendungen, die <i>niedrige Reib- und Verschleiß</i> eigenschaften bei gemäßigten Temperaturen und PV-Werten erfordern. Lagerbuchsen, Anlaufscheiben usw.	15% Graphit und 10% TEFLON® PTFE (Gewichtsprozent). Niedrigste Haftreibung.
SP3	Für Anwendungen, die im <i>Vakuum oder inerten Gasen</i> Reibung und Verschleiß unterworfen sind Lager, Kolbenringe und Dichtungen	15% MoS <sub>2</sub> (Gewichtsprozent). Beste Verschleißigenschaften in trockener Umgebung.
SP221	Für ungeschmierte Anwendungen, die <i>geringen Verschleiß gegen Leichtmetalle</i> wie Aluminium-Legierungen, Messing, Sinterbronze erfordern. Gleitlager (Buchsen, Anlaufscheiben, etc.)	40% Graphit (Gewichtsprozent) und 15% TEFLON® PTFE. Niedrigste Verschleißrate gegen Leichtmetalle in ungeschmierter Umgebung.
SP262	Anwendungen, wo geringe <i>Wärmeausdehnung und niedriger Reibungskoeffizient</i> wichtiger sind als Festigkeit. Gleitlager.	57% Graphit (Gewichtsprozent) and 5% Kohlenstofffasern. Niedrigster Wärmeausdehnungskoeffizient und höchste thermische Leitfähigkeit.

### VESPEL® ST erfüllt anspruchsvollere Aufgaben – ST Typen für höchste Zähigkeit, Festigkeit und Temperaturbeständigkeit

Typ	Typische Anwendungsgebiete	Typenbeschreibung
ST2010	Für geschmierte oder ungeschmierte Anwendungen, die <i>geringe Reib- und Verschleiß</i> eigenschaften fordern. Ventilsitze, Dichtungen, Lager, Anlaufscheiben, Dichtungsringe.	Hervorragende Verschleiß- und Reibeigenschaften in Verbindung mit guter Zähigkeit, Festigkeit und Isoliereigenschaften. Enthält 10% Graphit. Höchste Dehnung.
ST2030	Anwendungen, bei denen ein <i>niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient</i> wichtiger ist als die Festigkeit (die leicht reduziert ist). Lagerbuchsen, Anlaufscheiben usw.	Niedrigerer Wärmeausdehnungskoeffizient, geringere Dehnung als ST2010. Enthält 30% Graphit. Höchste Oxidations- und Wärmebeständigkeit.

# Direktgeformte Teile für Kosteneinsparungen bei größeren Mengen

Bearbeitete Teile aus Halbzeugen aus VESPEL® sind in der Regel der praktischste Weg, um kleine Mengen, Prototypen oder Teile mit sehr komplexen Geometrien herzustellen.

Bei Produktionsmengen von 500 oder mehr Teilen sind die im Direktformverfahren\* von DuPont hergestellten VESPEL® Teile häufig die kostengünstigste Lösung. Das Direktformen arbeitet nach dem Pulvermetallurgie-Verfahren zur Herstellung von Fertigteilen oder Halbfertigteilen und reduziert den Materialabfall auf ein Minimum.

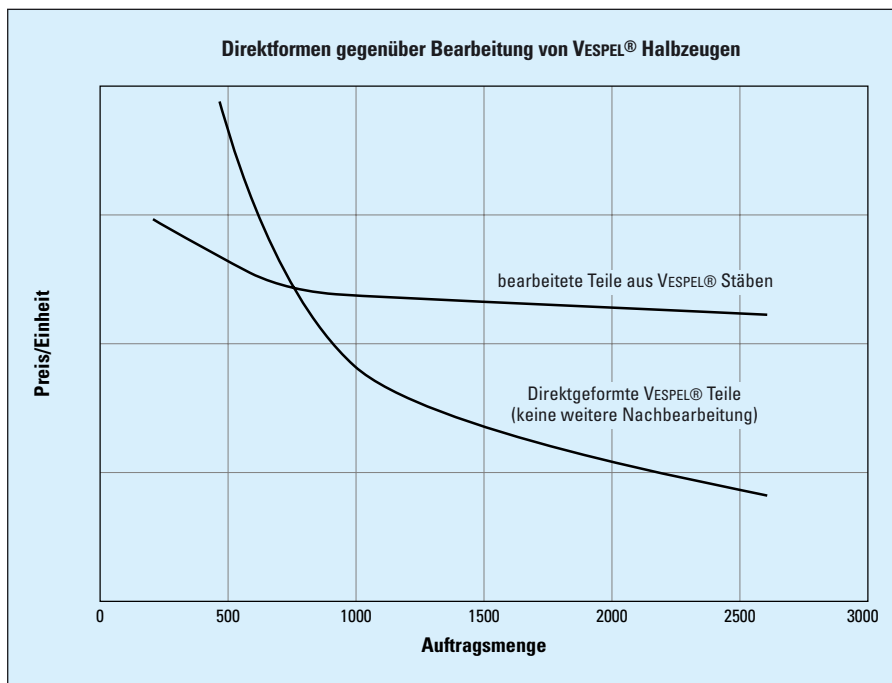
Häufig entfällt die Bearbeitung ganz. Lange Produktionsläufe führen zudem zu reduzierten Lohnkosten, die sich in niedrigeren Teilepreisen niederschlagen können.

Im Diagramm unten wird gezeigt, wie die Teilekosten für einen unkomplizierten Polyimid-Ring in Abhängigkeit von der Menge variieren.

*Aufgrund der vielfältigen Faktoren, die bei der Entscheidung für den wirtschaftlichsten Fertigungsprozess eines einzelnen Teils zu berücksichtigen sind, sollten Sie einen VESPEL® Verkaufsingenieur in der frühesten Konstruktionsphase hinzuziehen.*

\* In einigen Fällen kann das Direktformen selbst bei kleinen Mengen wirtschaftlicher sein, je nach Größe oder Komplexität der Formteilgeometrie.

## Fertigungskostenvergleich anhand eines VESPEL® Polyimid-Rings



## VESPEL® – Der Werkstoff für ein neues Zeitalter

Ausgeklügelte Konstruktionen fordern heute immer kleinere und leichtere Teile, die darüber hinaus über breitere Temperaturbereiche einsetzbar sind. Das Anforderungsprofil an Bauteile wird immer anspruchsvoller, und Garantiezeiten werden immer länger, so daß mehr und mehr Ingenieure sich für VESPEL® von DuPont entscheiden.

Der Grund hierfür liegt auf der Hand: VESPEL® bietet eine ungewöhnliche Eigenschaftskombination für eine Vielzahl von Anwendungen, die einen niedrigen Verschleiß und eine lange Lebensdauer unter extremsten Umgebungsbedingungen fordern.

Seit 1963 haben hochfeste und leichte Teile aus VESPEL® dazu beigetragen, die Konstruktion und Leistungsfähigkeit von Flugzeugmotoren zu revolutionieren. Heute finden sich in fast jedem westlichen Luftfahrttriebwerk viele zuverlässige Bauteile aus VESPEL®. Etliche Millionen weiterer Teile werden in PKWs, LKWs und Geländefahrzeugen, Landwirtschafts- und Büromaschinen, elektronischen Geräten und überall dort eingebaut, wo ein störungsfreier Betrieb von entscheidender Bedeutung ist.

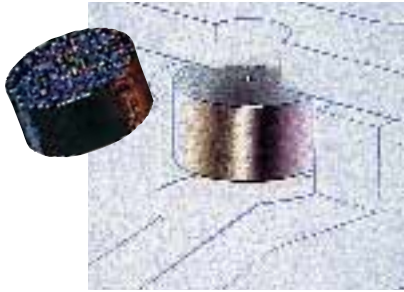
Obwohl Ingenieure VESPEL® ursprünglich als «Problemlöser» betrachteten, gilt das Material heute in den vielfältigsten Bereichen als «Erstlösung». Hochleistungsteile aus VESPEL® Polyimid umfassen unter anderem: Wellendichtringe, Druckscheiben und -platten, Buchsen, Flanschgleitlager, Anschlagleisten für Drucker, Tauchkolben, Nadelführungen für Nadeldrucker, Abstreifer, Keilwellen-Verbindungen, Gleitleisten, Einsätze in selbstsichernden Muttern und Schrauben, Ventilsitze, Ventilkugeln, thermische und elektrische Isolatoren.

DuPont produziert den Kunststoff und Teile aus VESPEL® in einem vollintegrierten, globalen Produktionssystem in den Vereinigten Staaten, Belgien und Japan.

Teile aus dem VESPEL® Polyimid von DuPont sind verfügbar in fünf verschiedenen Typen (siehe «Technische Daten»). Teile aus VESPEL® bieten ein ausgezeichnetes Eigenschaftsprofil: sehr gute Beständigkeit gegen hohe Temperaturen, hohe mechanische Festigkeit, gute Beständigkeit gegen Lösungsmittel, hohe Durchschlagfestigkeit, beeindruckende Dimensionsstabilität,

Verschleißfestigkeit und Dichtungsnachgiebigkeit, hohe Druckfestigkeit, gute Strahlungsbeständigkeit, geringe Ausgasung für Vakuumanwendungen und Zähigkeit. Die hohe Qualität von VESPEL® ist eine Investition wert, da sie Einsparungen durch vereinfachte Montagetechniken, höhere Zuverlässigkeit, längere Lebensdauer der Bauteile und reduzierten Verschleiß ermöglicht. Weltweit operierende Konzerne verlassen sich auf DuPont und VESPEL®: Bosch, Caterpillar, Chrysler, Ford, General Electric, General Motors, Hitachi, Kodak, Rockwell International, Toyota und United Technologie.





VESPEL® Teile hingegen wurden den Kundenanforderungen entsprechend direkt mit dieser kleinen Öffnung gefertigt, ohne eine Spur von Bohrmehl aufzuweisen. Sie reduzieren den Verschleiß am Ventilgehäuse und widerstehen Dauerschlagbeanspruchung ohne bleibende Verformungen.

## Ventilsitze aus schlagzähem VESPEL® reduzieren den Verschleiß

Der Getriebe-Rückschlagventilsitz aus VESPEL® forderte einen präzisen Öffnungsdurchmesser von 0,38 mm, um den Rücklauf des Hydrauliköls in einem Automatikgetriebe zu steuern. Das Bohren dieses Durchmessers in Metall war wirtschaftlich nicht tragbar.



## Rückgang von Kundenreklamationen dank Dichtungen aus VESPEL®

Überdruckventilsitze aus VESPEL® in Schleppern bewirken eine leckfreie Dichtung in bis zu 135°C erhitztem Hydrauliköl und sie widerstehen 25,8 MPa, ohne zu kriechen. Die Sitze aus VESPEL® passen sich der Kugelform an und gewährleisten auch dann eine Abdichtung, wenn Schmutzpartikel vorhanden sind. Sie erhöhen die Zuverlässigkeit des Systems und geben weniger Anlaß zu Beanstandungen.



## Selbstschmierende Schafftführung aus VESPEL® verlängert die Lebensdauer von Druckluft-Steueranlagen

Dank einer Schafftführung aus VESPEL® konnte ein Hersteller von Druckluft-Steueranlagen die obere Einsatztemperatur erhöhen und die Zuverlässigkeit seiner qualitativ hochwertigen Ventile noch weiter optimieren. Das VESPEL® Teil arbeitet zuverlässig bei 260°C. Es bleibt selbstschmierend, hat einen geringen Reibungskoeffizienten auch bei hohen Betriebstemperaturen des Ventils und verformt bei Dauerschlagbeanspruchung nicht.

# Beeindruckende Leistungsfähigkeit

Polyimid-Teile aus VESPEL® kombinieren bemerkenswert gut die physikalischen Eigenschaften von Metallen, Keramiken und Kunststoffen mit ihren guten inhärenten Eigenschaften. Teile aus VESPEL® sind praktisch verschleißfest, kriechbeständig, schmelzen nicht und können daher z. B. in technisch anspruchsvollen Motoren, Getrieben und Hochleistungsdruckern eingesetzt werden. Teile aus VESPEL® erbringen unter extremen Betriebsbedingungen optimale Leistungen:

- in geschmiertem oder ungeschmiertem Umfeld, unter hohem Druck und/oder bei hoher Geschwindigkeit bei extrem hoher Verschleißfestigkeit. VESPEL® Teile arbeiten bei Druckgeschwindigkeiten (PVs) von bis zu 40 MPa · m/s unter Schmierung und bis zu 12 MPa · m/s ungeschmiert.
- bei Tiefsttemperaturen (-271°C) bis zu 288°C im Dauereinsatz und kurzfristig bis zu 482°C.
- in Hydraulik- und Getriebeöl und vielen Industrie-Schmier- und Lösungsmitteln.

Selbstverständlich schwanken Druckgeschwindigkeit und maximale Temperatur der einzelnen Werkstoffe von einer zur anderen Anwendung, da sie von diversen Faktoren beeinflusst werden. Infolgedessen empfiehlt es sich, Einsatztests durchzuführen, um zu ermitteln, wie VESPEL® sich bei der von Ihnen ausgewählten Anwendung verhält.

## Teile aus VESPEL® können Metallteile in vielerlei Hinsicht überlegen sein

Teile aus VESPEL® bieten selbst in verschmutzten Flüssigkeiten eine zuverlässige Abdichtung. Aufgrund ihrer Elastizität ist ihre Abdichtungswirkung zuverlässiger als die vielen Metall-Metall-Dichtungen mit weitaus engeren Toleranzen. Mit Teilen aus VESPEL® lassen sich im übrigen auch die Herstellungskosten senken, die durch das kostenaufwendige Handpolieren oder Nachschleifen entstehen. Darüber hinaus sind Teile aus VESPEL® bei

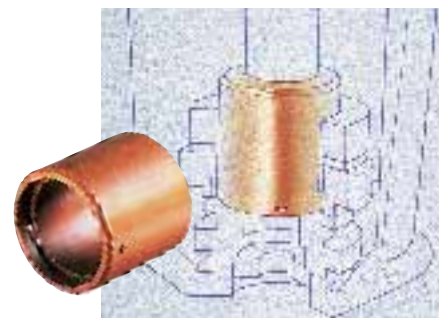
gleichen Abmessungen leichter als Metallteile. Dies kann zu einer Senkung der Massenträgheit führen, so daß kürzere Ansprechzeiten und schnellere Richtungswechsel möglich werden, während gleichzeitig die Beschädigung der Berührungsflächen auf ein Minimum reduziert und eine größere Laufruhe bewirkt wird. VESPEL® Teile weisen einen niedrigen Reibungskoeffizienten auf. Sie zeichnen sich durch eine hohe Ermüdungsfestigkeit aus und lassen sich dadurch bei Einzel- oder Dauer-schlagbelastung gut einsetzen.

## Teile aus VESPEL® – oft anderen Kunststoffen überlegen

Teile aus VESPEL® bieten eine gute Wärmebeständigkeit im Dauereinsatz und eine bemerkenswerte Dimensionsstabilität. Sie sind nicht entflammbar. Teile aus VESPEL® schmelzen und erweichen nicht und weisen einen hohen Kriechwiderstand auf. Teile aus VESPEL® sind sehr beständig gegen Strahlungen, und ihre Druckfestigkeit ist ausgezeichnet gut. Zudem bieten sie ein wirkungsvolles Dichtungsvermögen gegen dünne Gase und sind sauerstoffverträglich. Die Ausgasung von Teilen aus VESPEL® ist selbst in hohem Vakuum außerordentlich gering. Mit den meisten Kraftstoffen, Lösungsmitteln, Schmiermitteln und Hydraulikflüssigkeiten sind sie chemisch kompatibel. Und schließlich ist die Verschleißfestigkeit von Teilen aus VESPEL® ausgesprochen hoch.

## Teile aus VESPEL® – wesentliche Vorteile gegenüber Keramik

Teile aus VESPEL® sind elastischer als Keramikteile. Sie dichten bei niedrigen Drücken sehr gut ab, sind weniger spröde und bieten gleichzeitig eine gute Dimensionsstabilität und Wärmebeständigkeit.



## Diffusor aus VESPEL® verlängert Lebensdauer von Schneidbrennern

Die Leistung des Keramik-Diffusors in Plasma-Schneidbrennern stellte den Hersteller nicht zufrieden. Die Elektroden mußten alle acht bis zehn Stunden ersetzt werden, und jedesmal mußte auch der Diffusor entfernt und wieder eingesetzt werden, wobei er immer wieder beschädigt wurde. Auf ihrer Suche nach einem haltbareren Diffusor prüften die Ingenieure zahlreiche Kunststoffe. Es stellte sich heraus, daß nur VESPEL® Polyimide die Wärmebeständigkeit, Kriechfestigkeit und Flexibilität boten. Diffusoren aus VESPEL® haben eine um ein Mehrfaches größere Lebensdauer als ihre Vorgänger aus Keramik. Sie lassen sich wiederholt einsetzen, ohne beschädigt zu werden. Weiterhin kann das nachgiebigere Polyimidteil mit einem geringeren Spiel als Keramikteile gefertigt werden, was zu einer besseren Abdichtung der Kupferdüse des Schneidbrenners führt. Nachdem der Hersteller sich für die Diffusoren aus VESPEL® entschieden hat, konnte die Lebensdauer von etwa 15 auf 100 Stunden verlängert werden.



## Auf diese Partnerschaft ist Verlaß

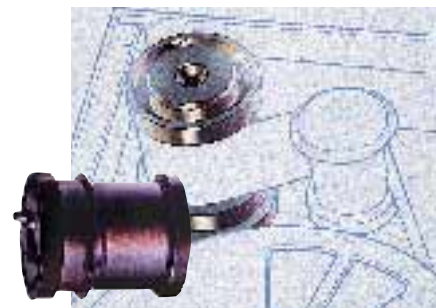
Um Ihren Erfolg zu gewährleisten, bieten DuPont und VESPEL® Ihnen mehr: nach Kundenanforderungen maßgeschneiderte Hochleistungsteile in Verbindung mit fachmännischer Beratung. Darüber hinaus finden Sie einen Partner, der Sie von der Kunststoffentwicklung über Entwurfs- und Konstruktionsphasen bis zur Fertigungsreife Ihres Produktes begleitet.

Dieser Prozeß beginnt mit der technischen Beratung von DuPont und wird später in partnerschaftlicher Zusammenarbeit weitergeführt. Dank jahrelanger Erfahrung helfen Ihnen unsere Verkaufsingenieure, Hochleistungsteile aus VESPEL® zu konstruieren, die nicht nur eine bestimmte Aufgabe erfüllen, sondern oft auch die gesamte Montage vereinfachen und zu der kostengünstigeren Fertigung von hochwertigen Produkten beitragen. Dadurch können Bauteile konstruiert, Störungen beseitigt oder Konstruktionen vereinfacht werden.

In unseren Produktionsstätten in den Vereinigten Staaten, Europa und Japan wurden viele Millionen Teile aus VESPEL® nach Kundenanforderungen produziert: kleine und große, einfache und komplizierte, direktformte oder nachbearbeitete Teile und solche, die aus Halbzeugen gefertigt werden. Wir bieten übrigens ein umfassendes Sortiment an Halbzeugen, so daß Sie Ihre eigenen Prototypen oder auch kleinere Mengen und komplizierte Teile selbst herstellen können.

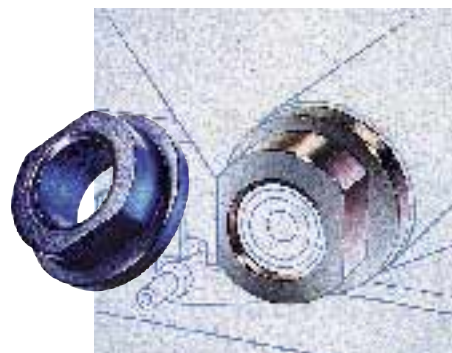
Rohstoff und auch Fertigteile aus VESPEL®-Polyimid werden von DuPont nach strengsten Qualitätsnormen produziert. Zwischenkontrollen nach jedem Produktionsschritt gewährleisten eine konstant hohe Qualität. Modernste Methoden der statistischen Prozeßsteuerung (SPC) werden eingesetzt, um die hohen Qualitätsanforderungen von DuPont und von weltweit führenden Erstausrüstern zu erfüllen.

Seit über 20 Jahren orientiert sich das VESPEL® Team von DuPont an den Anforderungen, die Konstruktions- und Werkstoffingenieure stellen. Deshalb sollten auch Sie sich für DuPont entscheiden, wenn Sie auf hochwertige Werkstoffe und Teile und auf partnerschaftliche Vorteile bei der Konstruktion, der Herstellung von Prototypen, der Fertigung und Tests Wert legen, die es Ihnen gestatten, sich extremen Leistungsanforderungen zu stellen.



## Die Eigenschmierung von VESPEL® Teilen vereinfacht die Montage

Diese einteilige VESPEL® Filmführungsrolle ersetzt eine komplexe Alu-Walze mit Einpreßkugellager. Das VESPEL® Teil reduziert den Zeitaufwand für Montage bzw. Zusammenbau und wirkt als selbsteinzelndes und selbstschmierendes Lager.



## VESPEL® Lager reduzieren Wartungsaufwand und steigern die Leistungsfähigkeit des Produkts

Die Toner-Flüssigkeit eines Fotokopiergerätes laugte das Öl aus den Bronzebuchsen aus, was zu erhöhtem Lagerverschleiß führte. Gleichzeitig verschmutzte das Öl den Toner, und die Qualität der Kopie ließ zu wünschen übrig. Lager aus VESPEL® machten die Schmierung überflüssig und erzielen sehr niedrige Verschleißwerte.

## Teile aus VESPEL® können Ihre Rentabilität erhöhen

Vor Jahren haben sich Ingenieure wegen VESPEL® an DuPont gewandt, wenn andere Werkstoffe versagten. Heute verwenden sie Teile aus VESPEL® aus einem anderen wichtigen Grund: um die Gesamtkosten von Anfang an zu senken.



Der Einsatz von VESPEL® Teilen macht sich in fast allen Fällen mehrfach bezahlt, aufgrund ihrer hohen Zuverlässigkeit, der niedrigen Kosten für Fertigung, Wartung und Garantieleistungen. VESPEL® Teile bieten folgendes:

### *Integration von Funktionen.*

Häufig kann die Funktion von zwei oder mehreren vorhandenen Teilen mit einem einzigen VESPEL® Teil – wie bei Flanschbuchsen – kombiniert werden.

### *Bearbeitungskosten entfallen.*

Teile aus VESPEL® lassen sich oft in einem einzigen Arbeitsgang für eine bestimmte Anwendung formen, so daß kostenintensive Bearbeitungen überflüssig werden.

### *Verlängerte Lebensdauer der Investitionsgüter.*

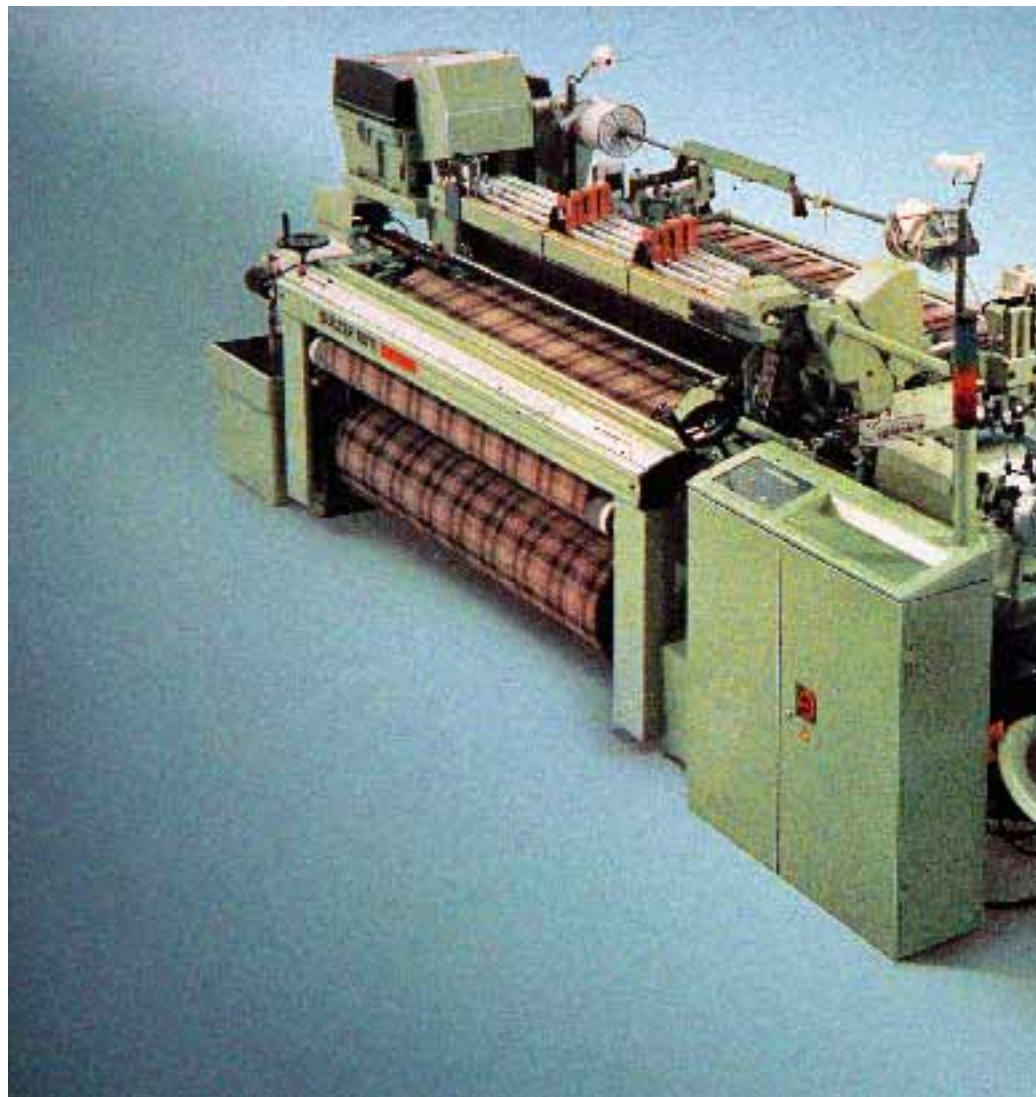
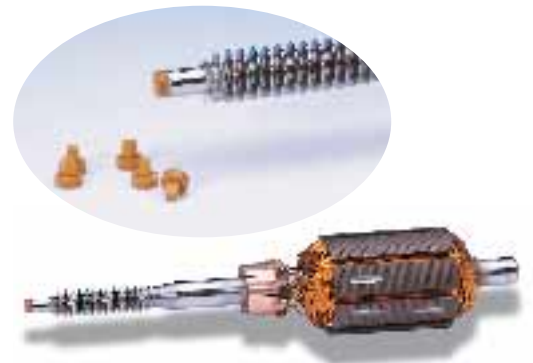
Dank des bemerkenswerten Eigenschaftsprofils können Teile aus VESPEL® die Lebensdauer von wichtigen Investitionsgütern wie komplizierten Textil-, Büro- oder Schwermaschinen verlängern. Teile aus VESPEL® steigern die Einsatzdauer und Zuverlässigkeit der Getriebe von intensiv genutzten Fahrzeugen wie schweren LKWs, Autobussen und PKWs.

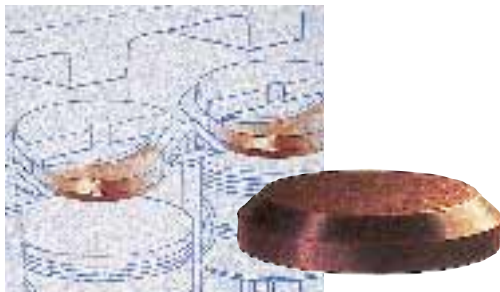
### *Der Wartungsaufwand wird auf ein Minimum reduziert.*

Da Teile aus VESPEL® unter kritischen Bedingungen ohne bzw. mit nur geringfügiger Schmierung arbeiten, kann der Wartungsaufwand reduziert und die Zuverlässigkeit erhöht werden.

Teile aus VESPEL® werden nach Kundenanforderungen so maßgeschneidert, daß sie die strengsten Qualitätsnormen der weltweit anspruchsvollsten Erstausrüster erfüllen, und zwar Teil für Teil, Auftrag für Auftrag. Unsere moderne statistische Prozeßkontrolle (SPC) erlaubt uns, gleichbleibend hochwertige Teile preiswerter zu produzieren, als dies mit herkömmlichen Prozeßkontrolltechniken möglich ist.

Teile aus VESPEL® bieten ein ideales Preis-/Leistungsverhältnis und sind eine lohnende Investition, da sie hohe Einsparungen ermöglichen. Die konstante Qualität, die zuverlässige Leistungsfähigkeit, die lange Lebensdauer und reduzierte Wartungs- und Garantiekosten gewährleisten, daß Teile aus VESPEL® die effizienteste Lösung für viele Konstrukteure und Endanwender darstellen.





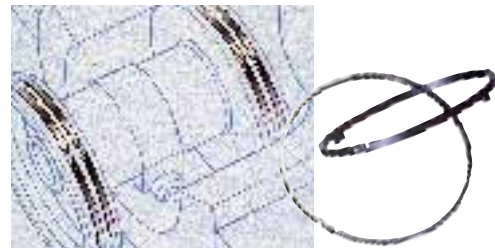
## Ventilteller aus VESPEL® helfen Supermärkten, die Kosten durch gesteigerte Tiefkühlleistung einzusparen

Viele Jahre lang suchte die Copeland Corporation einen Werkstoff, der den Anforderungen eines neuen Tiefkühl-Kompressorventil-Systems gewachsen ist. Viele Metall- und Kunststoffsorten wurden getestet:

keine einzige kombinierte die Kriech-, Ermüdungs- und Verschleißfestigkeit bei hohen Zylindertemperaturen wie VESPEL®. Auch nach dem Dauereinsatz waren bei den Tellern aus VESPEL® nur geringe Verschleiß-, Ermüdungs- oder Kriechspuren festzustellen. Die Telleroberfläche war weder durch Metall noch durch Schmutzpartikel abgeschliffen. Die Lebensdauer eines jeden Tellers aus VESPEL® wird auf 15 Jahre eingeschätzt. Die Teile aus VESPEL® ermöglichen Copeland die Entwicklung eines Kompressors, der die Stromkosten für Tiefkühltruhen in Warenhäusern um 10 bis 20% reduziert.

## Dichtungen aus VESPEL® reduzieren Herstellungskosten von anderen Bauteilen

Wegen ihrer Zähigkeit und Flexibilität lassen sie sich sehr einfach montieren. Eine spezielle Montageeinrichtung erübrigt sich. Es kommt zu weniger Bruch, besonders bei Dichtungsringen mit kleinem Durchmesser. Zudem ist die Steifigkeit ausreichend, um ein Verformen oder Abscheren der Dichtungsringe aus VESPEL® beim Einsetzen zu verhindern. Teile aus VESPEL® sind elastisch, so daß berührende Teile eine größere Toleranz und rauhere Oberflächen aufweisen können, was zu einer Senkung der Bearbeitungskosten führt. Schließlich ist die Lagerfunktion von VESPEL® ebenso gut wie die Dichtfunktion. Dies macht wirtschaftliche Kombinationslösungen und damit zusätzliche konstruktive Einsparungen möglich.

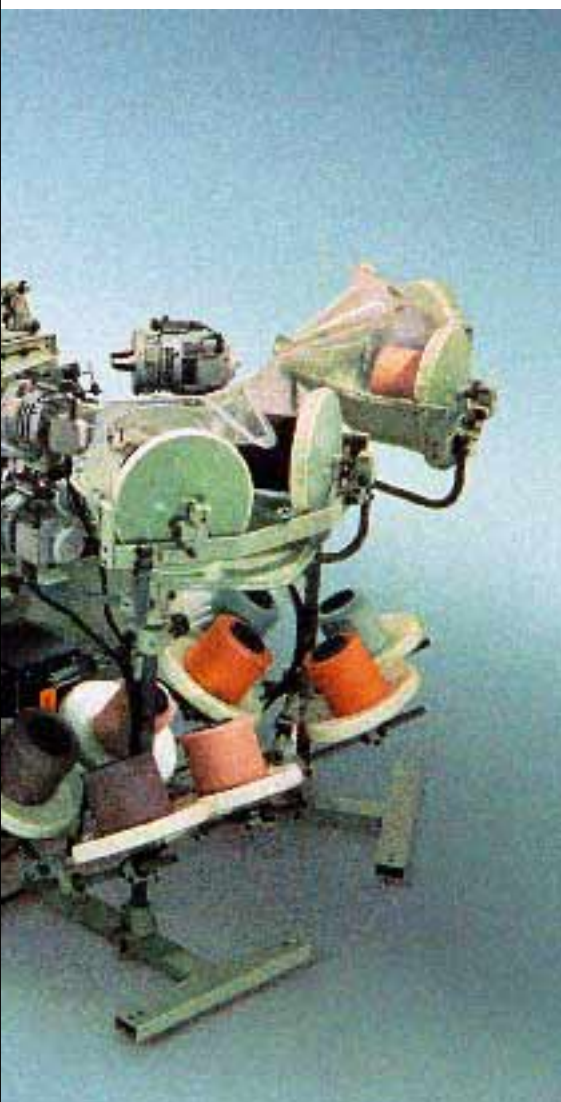


## Ringe aus VESPEL® erlauben erhebliche Einsparungen durch Vermeiden von Verschleiß

Die Lebensdauer eines Kompressor-Mischventils stieg in einem US-Luftfahrt-Programm um 50%, da verchromte Stahl-Kolbenringe durch Ringe aus VESPEL® ersetzt wurden. Durch die Reibung der Metallringe und der verchromten Zylinder kam es zu vorzeitigen Ausfällen bei J-57 und TF-33-Flugtriebwerken. Die Ingenieure ersetzten die verchromten Kolbenringe durch Ringe aus VESPEL®, nachdem Tests deutlich machten, daß sie ohne Ausfall bis zu 205 000 Zyklen bei Temperaturen von über 320°C überstanden. Ringe aus VESPEL® kosten weitaus weniger als traditionelle Kohlenstoff-Kolbenringe. Darüber hinaus erwartet man eine Senkung der Wartungskosten in Höhe von 2,7 Millionen Dollar.

## Dichtungsringe senken Garantiekosten und verlängern Lebensdauer

Teile aus VESPEL® können auf zwei verschiedenen Wegen zu einer verlängerten Lebensdauer von Maschinen beitragen: durch weniger Verschleiß und die Beständigkeit gegen extrem hohe Temperaturen, die durch hohe Druckgeschwindigkeiten unter harten Einsatzbedingungen oder Teileschmierung erzeugt werden. Sie sind vielen anderen Werkstoffen in staubigem und verschmutztem Umfeld überlegen und arbeiten sehr gut in Getriebe- und Hydraulikflüssigkeiten.



# Technische Daten von VESPEL® Polyimid

Das von DuPont entwickelte Polyimid zeichnet sich durch eine Eigenschaftskombination aus, die es für eine Vielzahl von Anwendungen zur idealen Lösung macht.

Es sei darauf hingewiesen, daß sämtliche in dieser Broschüre beleuchteten Produktmerkmale im Verlaufe von Labortests und/oder Einsätzen von VESPEL® für spezifische Anwendungen ermittelt wurden. Höchsttemperatur, PV-Begrenzung sowie andere Leistungsparameter von allen technischen Werkstoffen können von Anwendung zu Anwendung leicht schwanken. Das gilt auch für Labordaten und spezielle Einsätze, wobei eine Reihe von einsatztypischen Faktoren zu berücksichtigen ist. Aus diesem Grunde sollten Sie Einsatztests durchführen, um herauszufinden, wie VESPEL® sich bei der geplanten Anwendung verhält.

## Technische Beschreibung von VESPEL®

### Dimensionsstabilität

Teile aus VESPEL® Polyimid von DuPont zeichnen sich durch eine gute Dimensionsstabilität aus, was einer Kombination wichtiger Parameter zu verdanken ist. Von größter Bedeutung ist, daß Teile aus VESPEL® keinen erkennbaren Erweichungs- bzw. Schmelzpunkt aufweisen. Darüber hinaus tragen ein niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient (gewisse Typen sind mit Aluminium vergleichbar) sowie ein ausgezeichneter Kriech- und Versprödungswiderstand zur bemerkenswerten Dimensionsstabilität von Teilen aus VESPEL® bei.

Aufgrund dieser Stabilität lassen sich Teile aus VESPEL® mit so engen Toleranzen herstellen, wie sie den Einsatz von Kunststoffen zuvor ausschlossen. Da Teile aus VESPEL® praktisch nicht schmelzen, können sie als Formeinsätze mit Spritzguß-Thermoplasten umspritzt werden.

Diese hohe Dimensionsstabilität hat zudem zur Folge, daß Teile aus VESPEL® auch unter vielen extremen Bedingungen ihre Form und Funktionalität bewahren.

Teile aus VESPEL® kombinieren diese gute Dimensionsstabilität mit einer Zähigkeit, die man oft vergeblich bei herkömmlichen Kunststoffen sucht.

### Wärmebeständigkeit

Teile aus VESPEL® schmelzen nicht und eignen sich für den Dauereinsatz bei kryogenen Temperaturen bis 288°C und kurzfristig bis 482°C. Aufgrund ihrer überragenden Wärmebeständigkeit bleiben Teile aus VESPEL® selbst unter der Einwirkung hoher Temperaturen über längere Zeiträume gleichbleibend leistungsstark.

Viele der physikalischen Merkmale von VESPEL® wie beispielsweise Zugfestigkeit, Dehnung, Elastizitätsmodul und Druckfestigkeit lassen sich mit den Leistungen von Hochleistungskunststoffen bei Raumtemperatur vergleichen. Da VESPEL® jedoch seine besonderen Merkmale bei sehr hohen und sehr tiefen Temperaturen bewahrt, empfiehlt es sich als ideales Hochleistungsmaterial in Anwendungen, bei denen Raumtemperaturen über- bzw. unterschritten werden.

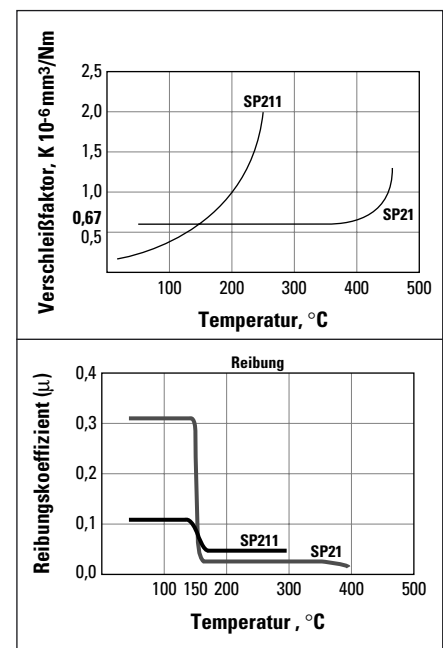
### Verschleißfestigkeit

Im Gegensatz zu Thermoplasten schmelzen und erweichen Teile aus VESPEL® selbst bei kurzzeitiger Erwärmung auf 482°C nicht. Ihre Oxidationsbeständigkeit und ihre Kriechfestigkeit sind hervorragend. Dadurch erzielen Teile aus VESPEL® eine bemerkenswerte Verschleißfestigkeit über einen ausgedehnten Temperaturbereich. Das gilt auch dann, wenn die Temperatur der Gleitfläche durch Reibungswärme, hohe Drücke und/oder hohe Geschwindigkeiten weitaus höher ist als die Umgebungstemperatur.

Lager aus VESPEL® arbeiten ungeschmiert bei Druckgeschwindigkeiten von bis zu 12 MPa·m/s und geschmiert bis 40 MPa·m/s.

Im Gegensatz zu vielen anderen Kunststoffen sind VESPEL® Teile inhärent zäh. Abrasive Füllmittel oder Fasern zur Steigerung der Leistungsfähigkeit sind überflüssig. Die Folge ist geringerer Verschleiß der Gegenauflfläche. Die bemerkenswerte Oxidationsbeständigkeit von VESPEL® Teilen ist ein weiterer Vorteil gegenüber vielen anderen Kunststoffen.

## Verschleißfaktor und Reibungskoeffizient für ungeschmierte Anwendungen gegen Kohlenstoffstahl



## Dichtungsanpassung

Ventilsitze, Tellerventile und Kugeln aus VESPEL® sind dichtungsnachgiebig, obgleich sie einer bleibenden Verformung widerstehen. Das bedeutet, daß VESPEL® Teile sicher abdichten – auch in Flüssigkeiten, die durch Partikel verschmutzt sind. Ihr Dichtungsvermögen ist darüber hinaus zuverlässig. Metall-auf-Metall-Dichtungen erfordern weitaus engere Toleranzen.

Die Verwendung von Teilen aus VESPEL® kann zu einer Senkung der Herstellungskosten führen, da kostenintensives manuelles Läppen der Ventilsitzfläche entfällt. Teile aus VESPEL® sind überdies zäh. Im Verlaufe eines Anwendungstests mit Ventilsitzen, bei dem die Ausfallgrenze von Ventiltteilen ermittelt werden sollte, erhöhte man den Druck einer Carbidkugel in einem Sitz aus VESPEL® weit über die normalen Betriebsbedingungen hinaus, bis die Kugel schließlich durch den Sitz gepreßt wurde. In nachfolgenden Testläufen stellte sich heraus, daß sich der gleiche Ventilsitz aus VESPEL® soweit wieder erholt hatte, daß er unter normalen Arbeitsbedingungen wirksam abdichtete.

## Strahlungsbeständigkeit

VESPEL® Teile weisen in radioaktiven Umfeldern eine ausgezeichnete Beständigkeit selbst dann auf, wenn die Dosierungen verhältnismäßig hoch sind. Bei Gammabestrahlung bis einschließlich  $1 \times 10^8$  r verzeichneten VESPEL® Stäbe einen Gewichtsverlust von weniger als 1,0%\*. Nachdem sie einer Elektrodenstrahlung von  $1 \times 10^8$  r ausgesetzt wurden, wiesen Stäbe aus VESPEL® einen Gewichtsverlust von weniger als 2,0% auf.

## Geringe Ausgasung

VESPEL® Teile zeigen bei hohen Temperaturen im Vakuum nur einen geringen Gewichtsverlust. Bei der NASA verzeichnete man bei VESPEL® Proben im extremen Vakuum einen Gewichtsverlust von weniger als  $10^{-10}$  g/cm<sup>2</sup>/s bei Temperaturen unter 260°C. Die Proben waren zunächst bei 93°C getrocknet worden, um ihnen alle Feuchtigkeit zu entziehen.

## Die Herstellung von Teilen aus VESPEL®



## Mechanische Bearbeitung

Halbzeuge aus VESPEL® lassen sich aufgrund ihrer mechanischen Festigkeit, Härte und Dimensionsstabilität verhältnismäßig leicht bearbeiten. Sie können auf herkömmlichen Metallbearbeitungsmaschinen bearbeitet werden, um Teile mit solchen Toleranzen herzustellen, die für Kunststoffe als zu eng angesehen werden. In den meisten Fällen können die für die Bearbeitung von Messing üblichen Techniken direkt übertragen werden.



## Direktgeformte Teile aus VESPEL®

Während Halbzeuge aus VESPEL® einfach zu bearbeiten sind, ist das Direktformen oft das kostengünstigere Verfahren. Das gilt besonders dann, wenn mehr als 500 bis 1000 Teile jährlich benötigt werden.

\* Dies entspricht dem Durchschnitt einer Gruppe bestrahlter Proben gegenüber unbestrahlten Proben.

# Zusammenstellung der typischen Produktdaten für VESPEL® Polyimide

Eigenschaft	Temp. °C	ASTM Meth.	Ein- heiten	SP1		SP21		SP22		SP211		SP3
				M	DF	M	DF	M	DF	M	DF	M
Zugfestigkeit	23	D1708	MPa	86,2	72,4	65,5	62,0	51,7	48,3	44,8	51,7	58,5
	260	oder E8†		41,4	36,5	37,9	30,3	23,4	26,2	24,1	24,1	
Bruchdehnung	23	D1708	%	7,5	7,5	4,5	5,5	3,0	2,5	3,5	5,5	4,0
	260	oder E8†		6,0	7,0	3,0	5,2	2,0	2,0	3,0	5,3	
Biege-Festigkeit	23	D790	MPa	110,3	82,7	110,3	82,7	89,6	62,1	68,9	68,9	75,8
	260			62,1	44,8	62,0	48,3	44,8	37,9	34,5	34,5	39,9
Biege-Modul	23	D790	MPa	3102	2482	3792	3171	4826	4826	3102	2758	3275
	260			1724	1448	2551	1792	2758	2758	1379	1379	1862
Druckspannung bei 1% Stauchung bei 10% Stauchung bei 0,1% plastische-Verformung	23	D695	MPa	24,8	24,1*	29,0	22,8*	31,7	24,1*	20,7	14,5*	34,5
				133,1	112,4*	133,1	104,8*	112,4	93,8*	102,0	75,8*	127,6
				51,0	33,1*	45,5	33,8*	41,4	25,5*	37,2	27,6*	
Druck-Modul	23	D695	MPa	2413	2413*	2895	2275*	3275	2654*	2068	1379*	2413
Axiale Dauerfestigkeit bei 10 <sup>3</sup> Zyklen  bei 10 <sup>7</sup> Zyklen	23		MPa	55,8		46,2						
				260	26,2		22,8					
	23			42,1		32,4						
				260	16,5		16,5					
Biegewechselfestigkeit bei 10 <sup>3</sup> Zyklen bei 10 <sup>7</sup> Zyklen	23		MPa	65,5		65,5						
	23			44,8		44,8						
Scherfestigkeit	23	D732	MPa	89,6		77,2						
Izod-Kerbschlagzähigkeit	23	D256	J/m	42,7		42,7						21,3
Izod-Schlagzähigkeit	23	D256	J/m	747		320						112
Poissonzahl	23			0,41		0,41						
Verschleißrate ††  Reibungskoeffizient** PV = 0,875 MPa·m/s PV = 3,5 MPa·m/s  Im Vakuum  Statisch in Luft			m/s × 10 <sup>-10</sup>	17–85	17–85	6,3	6,3	4,2	4,2	4,9	4,9	17–23
				0,29	0,29	0,24	0,24	0,30	0,30	0,12	0,12	0,25
						0,12	0,12	0,09	0,09	0,08	0,08	0,17
												0,03
				0,35		0,30		0,27		0,20		
Linearer Wärmeausdehnungs- koeffizient  Wärmeleitfähigkeit  Spezifische Wärme  Verformung unter 14 MPa Belastung  Formbeständigkeitstemper. bei 2 MPa	23 bis 260 –62 bis +23	D696	µm/m·°C	54 45	50	49 34	41	38	27	54	41	52
	40		W/m·°C	0,35	0,29*	0,87	0,46*	1,73	0,89*	0,76	0,42*	0,47
			J/kg·°C	1130								
	50	D621	%	0,14	0,20	0,10	0,17	0,08	0,14	0,13	0,29	0,12
		D648	°C	~360		~360						

Bitte beachten Sie zu allen Angaben die Hersteller-Garantieerklärung auf der Rückseite dieser Broschüre.

Eigenschaften	Temp. °C	ASTM Meth.	Ein- heiten	SP1		SP21		SP22		SP211		SP3								
				M	DF	M	DF	M	DF	M	DF	M								
ELEKTRISCH	Dielektrizitätszahl			23	D150															
	bei 10 <sup>2</sup> Hz		3,62											13,53						
	bei 10 <sup>4</sup> Hz		3,64											13,28						
	bei 10 <sup>6</sup> Hz		3,55		13,41															
	Dielektrischer Verlustfaktor			23	D150															
	bei 10 <sup>2</sup> Hz		0,0018												0,0053					
	bei 10 <sup>4</sup> Hz		0,0036												0,0067					
	bei 10 <sup>6</sup> Hz		0,0034		0,0106															
	Durchschlagfestigkeit kurzfristig, 2 mm dick				D149	MV/m	22		9,84											
	Spezifischer Durchgangswiderstand			23	D257	Ω·m	10 <sup>14</sup> -10 <sup>15</sup>		10 <sup>12</sup> -10 <sup>13</sup>											
Spezifischer Oberflächenwiderstand			23	D257	Ω	10 <sup>15</sup> -10 <sup>16</sup>														
SONSTIGE	Wasseraufnahme			23	D570	%														
	24 h		0,24											0,19		0,14		0,21		0,23
	48 h		0,72											0,57		0,42		0,49		0,65
	Sättigung, 50 % r.L.		1,0-1,3	1,0-1,3	0,8-1,1	0,8-1,1														
	Spezifisches Gewicht				D792		1,43	1,34	1,51	1,42	1,65	1,56	1,55	1,46	1,60					
Sauerstoffindex				D2863	%	53		49												

† Aus Halbzeug gefertigte Teile für Zugfestigkeitsprüfung gemäß D-1708 und direktgeformte Proben gemäß E-8 (Standard-Abmessungen wie in der Pulvermetallurgie); Proben getestet nach D-638.

\* Eigenschaften von direktgeformten Teilen (DF), mit einem \* versehen, wurden parallel zur Preßrichtung gemessen. Alle anderen direktgeformten Eigenschaften wurden senkrecht zur Preßrichtung gemessen. Eigenschaften von bearbeiteten Teilen sind richtungslos.

†† Ungeschmiert in Luft (PV 0,875 MPa·m/s).

\*\* Stationär, ungeschmiert in Luft.

**Bemerkung:**

M = Teile aus Halbzeug.

DF = Teile aus direktgeformten Polyimid.

# Vorläufige Eigenschaften der neuen SP Polyimide

Eigenschaft	Temp. °C	ASTM Methode	Einheiten	SP221	SP262	
				DF	DF	
Zugfestigkeit	23	D638 oder E8	MPa	38,6	37,9	
	260				19,3	
Bruchdehnung	23	D638 oder E8	%	3,5	1	
	260				0,7	
Biege-Festigkeit	23	D790	MPa	55,1		
	260			31		
Biege-Modul	23	D790	MPa	3445		
	260			2205		
Zug-Modul	23	D638 oder E8	MPa		8410	
	260			3720		
Druckspannung		D695	MPa			
	maximal			23	111,7	100
	maximal			260	57	59
	bei 1% Stauchung			23	14,5	40
	bei 1% Stauchung			260		21,4
	bei 10% Stauchung			23		78,6
bei 10% Stauchung	260		46,5			
Druck-Modul	23	D695	MPa	1412	2860	
	260			790	1790	
Spezifisches Gewicht		D732		1,6	1,74	
PV Grenze			MPa · m/s	10,5	10,5	
Reibungskoeffizient						
	PV = 0,875 MPa · m/s				0,10-0,14	
	PV = 3,5 MPa · m/s				0,05-0,08	
Verschleißfaktor						
	PV = 0,875 MPa · m/s		mm <sup>3</sup> /Nm		0,44	
	PV = 3,5 MPa · m/s		× 10 <sup>-6</sup>		0,66	
Verschleiß und Reibung gegen 6061 geschmiedetes Aluminium						
	PV = 0,875 MPa · m/s	Reibungskoeffizient		0,21		
	PV = 0,875 MPa · m/s	Verschleißrate von VESPEL® und Alu	mm/s 10 <sup>-6</sup>	2,3/0		
	Verschleiß und Reibung gegen ADC 12 gegossenes Aluminium					
		PV = 0,5 MPa · m/s	Reibungskoeffizient		0,15	
		PV = 0,5 MPa · m/s	Verschleißrate von VESPEL® und Alu	mm/s 10 <sup>-6</sup>	1,2/0	
PV = 4,7 MPa · m/s	Reibungskoeffizient		0,12			
PV = 4,7 MPa · m/s	Verschleißrate von VESPEL® und Alu	mm/s 10 <sup>-6</sup>	3,7/0,3			
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient		D696	µm/m · °C			
	senkrecht zur Preßrichtung			23-300	29	13,1
	Parallel zur Preßrichtung			23-300		48,9
Wärmeleitfähigkeit	23		W/m · K		2,46	
	200				1,98	
Spezifische Wärme	23		J/kg · K		792	
	40				837	

**Anmerkung:** Halbzeuge aus SP221 und SP262 sind derzeit noch nicht verfügbar.

Bitte beachten Sie zu allen Angaben die Hersteller-Garantieerklärung auf der Rückseite dieser Broschüre.

# Typische Eigenschaften von direktgeformten Teilen aus VESPEL® ST

Eigenschaft	Temp. °C	ASTM Methode	Einheiten	ST2010	ST2030		
				DF	DF		
<b>MECHANISCHE</b>	Zugfestigkeit	23 150 260 300	D638	MPa	68 49 32 26	57	
	Bruchdehnung	23 150 260 300	D638	%	10,0 10,0 9,8 9,7	4,9	
	Zug-Modul	23	D638	MPa	2758	3930	
	Izod-Kerbschlagzähigkeit	23	D256	J/m	53		
	Druckfestigkeit 1% Stauchung 10% Stauchung maximal	23	D695	MPa	15 82 269	155	
	Druck-Modul	23	D695	MPa	1827	1207	
	<b>ELEKTRISCHE</b>	Durchschlagfestigkeit	23	D149	kV/mm	10,4	
		Dielektrizitätszahl 100 Hz 10 kHz 1 MHz	23	D150		4,80 4,78 4,70	300 110 40,6
		Dielektrischer Verlustfaktor 100 Hz 10 kHz 1 MHz	23	D150		0,0014 0,0023 0,0075	6,90 0,65 0,30
		Spezifischer Durchgangswiderstand	23	D257	ohm·cm	$3,2 \times 10^{16}$	$4,8 \times 10^7$
		Spezifischer Oberflächenwiderstand	23	D257	ohm	$2,0 \times 10^{16}$	$2,6 \times 10^6$
		Wärmeleitfähigkeit	23	F433	$[W \cdot cm/cm^2 \cdot ^\circ C] \times 10^{-3}$	5,0	9,7
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient		23–260	D696	$\mu/m/^\circ C$	48	32	
Wasseraufnahme (Gewichtsänderung in %) 24 h 48 h		23	D570		1,3 3,1	0,5 1,3	
Verformung unter 14 MPa Belastung		23 50	D621	%	0,18 0,38		
Spezifisches Gewicht		23	D272		1,38	1,44	

**Anmerkung:** Halbzeuge aus ST Polyimid sind derzeit noch nicht verfügbar.

## Weitere Informationen über technische Kunststoffe erhalten Sie von:

Internet location: <http://dupont.com/vespel>

---

### EUROPE

#### Belgique/België

Du Pont de Nemours (Belgium)  
BVBA-SPRL  
Antoon Spinoystraat 6  
B-2800 Mechelen  
Tel. (015) 44 15 27  
Telefax (015) 44 14 08

#### Deutschland

Du Pont de Nemours  
(Deutschland) GmbH  
DuPont Straße 1  
D-61343 Bad Homburg  
Tel. (06172) 87 0  
Telefax (06172) 87 27 01

#### España

Du Pont Ibérica S.A.  
Edificio L'IIlla  
Avda. Diagonal 561  
E-08029 Barcelona  
Tel. (3) 227 60 00  
Telefax (3) 227 62 00

#### France

Du Pont de Nemours (France) S.A.  
137, rue de l'Université  
F-75334 Paris Cedex 07  
Tel. (01) 45 50 65 50  
Telefax (01) 47 53 09 67

#### Italia

Du Pont de Nemours Italiana S.r.L.  
Via Volta, 16  
I-20093 Cologno Monzese  
Tel. (02) 25 30 21  
Telefax (02) 25 30 23 06

#### Österreich

Biesterfeld Interowa GmbH & Co. KG  
Bräuhausgasse 3-5  
P.O. Box 19  
AT-1051 Wien  
Tel. (01) 512 35 71-0  
Telefax (01) 512 35 71-31  
e-mail: [info@interowa.at](mailto:info@interowa.at)  
internet: [www.interowa.at](http://www.interowa.at)

#### Schweiz/Suisse/Svizzera

Dolder AG  
Immengasse 9  
Postfach 14695  
CH-4004 Basel  
Tel. (061) 326 66 00  
Telefax (061) 322 47 81  
Internet: [www.dolder.com](http://www.dolder.com)

#### United Kingdom

Du Pont (U.K.) Limited  
Maylands Avenue  
GB-Hemel Hempstead  
Herts. HP2 7DP  
Tel. (01442) 34 65 00  
Telefax (01442) 24 94 63

### ASIA-PACIFIC

#### Japan

DuPont K.K.  
Arco Tower  
8-1, Shimomeguro 1-chome  
Meguro-ku, Tokyo 153-0064  
Tel. 03-5434-6989  
Telefax 03-5434-6982

#### Taiwan/China

DuPont Taiwan Limited  
13th Floor, Hung Kuo Building  
167, Tun Hwa North Road  
Taipei, Taiwan 105  
Tel. 02-719-1999  
Telefax 02-712-0460

### UNITED STATES

DuPont Engineering Polymers  
Pencader Site  
Newark, DE 19714-6100  
Tel. 800-222-VESP  
Telefax (302) 733-8137

Die Informationen zu diesem Thema entsprechen unserem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Sobald neue Erkenntnisse und Erfahrungen vorliegen, können sie revidiert werden. Die aufgeführten Daten liegen im normalen Bereich der Produkteigenschaften und beziehen sich ausschließlich auf das speziell angegebene Material. Falls nicht ausdrücklich vermerkt, sind diese Daten nicht zwangsläufig gültig, wenn das entsprechende Material in Kombination mit anderen Materialien oder Additiven bzw. Verfahren verwendet wird. Die angegebenen Daten sollten weder zur Festlegung von Spezifikationen noch als alleinige Grundlage für Konstruktionen herangezogen werden. Diese Daten ersetzen in keiner Weise Prüfungen die von Ihnen zur Ermittlung der Eignung eines spezifischen Materials für Ihre besonderen Zwecke eventuell durchzuführen sind. Da DuPont nicht alle Bedingungen in aktuellen Endeinsätzen voraussehen kann, übernimmt das Unternehmen keine Garantie und Verpflichtung bzw. Haftung in Verbindung mit diesen Informationen. Diese Veröffentlichung ist weder als Lizenz noch als Empfehlung zu betrachten, jegliche Patentrechte zu verletzen.

**Vorsicht:** Verwenden Sie dieses Produkt nicht für medizinische Anwendungen, die eine ständige Implantation im menschlichen Körper erfordern. Weitere medizinische Anwendungen finden Sie in der Broschüre «DuPont Medical Caution Statement».



The miracles of science™