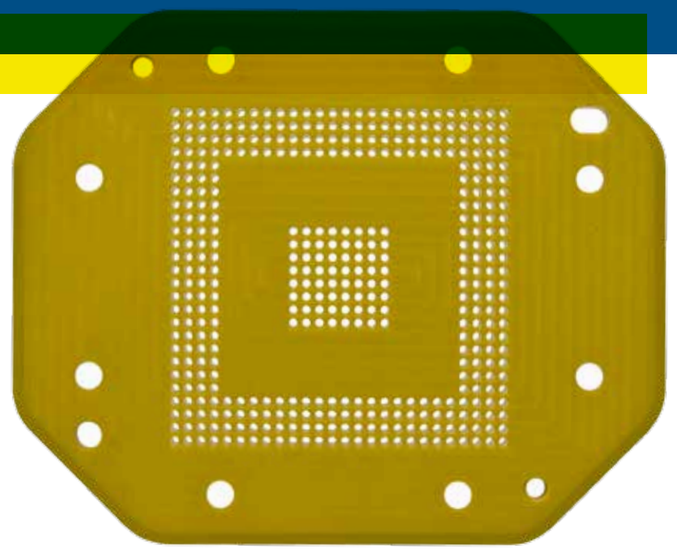
Ensinger

Halbzeuge
Direktgeformte Teile

TECASINT Kompendium

Inhalt

4 TECASINT im Einsatz
5 Produktfamilien
7 Direktformverfahren
10 Mechanische Eigenschaften
14 Thermische/Elektrische Eigenschaften
15 Tribologische Eigenschaften
16 Verhalten gegen Umwelteinflüsse
17 Brandverhalten, Witterungsbeständigkeit
18 Chemikalienbeständigkeit
19 Reinheit
20 FAQs
21 Hinweise zur Zerspanung, Verklebung
23 Abmessungen von Standard-Halbzeugen



TECASINT Hochtemperatur-Polyimide werden in anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt, in denen andere Werkstoffe versagen. Höchste Temperaturbeständigkeit, hohe mechanische Belastbarkeit, Gewichtseinsparung, gute Gleit- und Verschleißeigenschaften sowie thermische und elektrische Isolation sind dabei ausschlaggebend. Dieser Testsockel aus TECASINT 4011 kommt in der Halbleiterindustrie zum Einsatz und kombiniert eine niedrige Wärmeausdehnung mit hoher Dimensionsstabilität und Temperaturbeständigkeit.

Halbzeuge und Direktformbauteile aus TECASINT verfügen über eine hervorragende thermische Langzeitbeständigkeit. Der breite Temperaturanwendungsbereich der Materialien reicht von –270 °C bis +300 °C. Selbst bei kurzzeitiger Erwärmung auf 350 °C schmelzen oder erweichen TECASINT-Werkstoffe nicht. Festigkeit, Dimensionsstabilität und Kriechwiderstand bei mechanischer Belastung bleiben auch im Dauereinsatz hoch.

Der Trend zu Raum- und Gewichtseinsparung im modernen Maschinen- und Anlagenbau führt zu erhöhten Leistungsdichten und damit zu erhöhten Anforderungen an die Wärme- und Verschleißbeständigkeit der verwendeten Werkstoffe. Das Eigenschaftsprofil der Polyimide wird diesen Anforderungen auf hervorragende Weise gerecht.

TECASINT von Ensinger ist ein Programm verschiedener, nicht schmelzbarer Hochtemperatur-Polyimide, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

→ Hohe Festigkeit in einem weiten Temperaturbereich von –270 °C bis +300 °C
→ Dauertemperaturbeständigkeit bis zu 300 °C
→ HDT/A bis zu 470 °C
→ Ausgezeichnete elektrische Isolationseigenschaften
→ Hohe Druck- und Kriechfestigkeit
→ Hohe Strahlungsbeständigkeit
→ Hohe Reinheit, ausgasungsarm im Vakuum gem. ESA-Vorschrift ECSS-Q-70-02
→ Geringe Wärmedehnung
→ Geringe Wärmeleitfähigkeit
→ Ausgezeichnete Reib- und Verschleißeigenschaften – auch im ungeschmierten Zustand
→ Gute chemische Beständigkeit gegenüber Säuren, Fetten und Lösungsmitteln
→ Gute kryogene Eigenschaften
→ Inhärent flammwidrig (UL 94 V0)

Lieferformen und Fertigungsverfahren

Präzisionsbauteile aus TECASINT fertigen wir in Kleinserie spanend nach Kundenzeichnung. Für größere Serien können Bauteile kostengünstig im Direktformverfahren gepresst und gesintert werden.

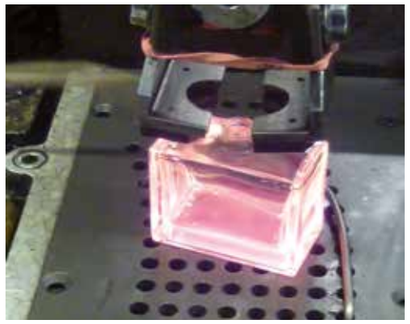
TECASINT ist lieferbar als:

→ Halbzeug (Stäbe, Platten, Kurzrohre)
→ Zerspanungsteil
→ Serienteil im Direktformverfahren

TECASINT
Hochtemperatur-Polyimide im Einsatz

Glasindustrie

Bei der Fertigung von Glasflaschen für die Getränke-, Pharma- und Kosmetikindustrie können Polyimide die Produktivität erhöhen. Insbesondere beim Heißglashandling bieten die hohe Temperaturbeständigkeit und die geringe Wärmeleitfähigkeit dieser Hochleistungskunststoffe große Vorteile im Vergleich zu Bauteilen aus Grafit. Sie tragen dazu bei die Lebensdauer der Bauteile zu erhöhen und den Ausschuss in der Produktion zu reduzieren. Darüber hinaus lassen sich die Werkstoffe auch wirtschaftlich verarbeiten und werden somit zunehmend für Greifer und Austrägerscheiben eingesetzt.



Elektro-/Elektronik- und Halbleiterindustrie

Neben der hohen elektrischen Isolation weist TECASINT einen sehr niedrigen Ionengehalt auf und findet daher in der Semiconindustrie und der Reinstraumtechnik Anwendung, z.B. für Testsockets und in der Chip- und Waferherstellung.

Luft- und Raumfahrt

Niedrige Ausgasungsraten, hohe Reinheit und gute mechanische Eigenschaften sind bei der Herstellung von Satelliten gefragt. Exzellente tribologische Eigenschaften, lange Lebensdauer und geringer Verschleiß sind wichtige Kriterien für Lagerbuchsen in modernen Flugzeugtriebwerken. TECASINT ist der geeignete Werkstoff dafür.

Automobilindustrie

Diese Werkstoffe sind aufgrund des Eigenschaftsprofils von TECASINT oft anderen Kunststoffen und Metallen überlegen. Anwendungen mit extremsten Anforderungen lassen sich realisieren. TECASINT kommt bei Anwendungen in der Automobilindustrie zum Einsatz, bei denen mechanische Stabilität unter hohen Dauertemperaturen oder hohe pV-Werte im geschmierten und ungeschmierten Umfeld gefordert sind. Durch die Direktformung lassen sich kostengünstig werkzeugfallende Bauteile mit engen Toleranzen herstellen.

Maschinenbau, Vakuum-, Kryotechnik

Die Einsatzgebiete sind vielfältig: Im Maschinenbau werden die hervorragenden Gleiteigenschaften der mit Grafit bzw. Grafit/PTFE modifizierten TECASINT-Typen bevorzugt. In der Vakuum- und Kryotechnik werden die unverstärkten bzw. mit MoS_2 modifizierten Typen für Gleitanwendungen verwendet.

Produktfamilien Halbzeuge

TECASINT 1000
→ Sehr hoher Modul
→ Hohe Steifigkeit und Härte
→ Bisherige Bezeichnung: SINTIMID

TECASINT 2000
→ Sehr hoher Modul
→ Hohe Steifigkeit
→ Hohe Härte

Im Vergleich zu TECASINT 1000 signifikant reduzierte Feuchtigkeitsaufnahme. Höhere Zähigkeit und bessere Zerspanbarkeit. Gut für Direktformbauteile geeignet.

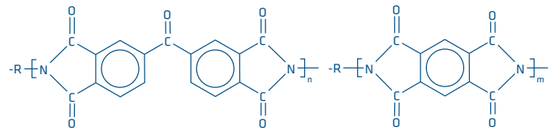
TECASINT 4000

Im Vergleich mit den anderen TECASINT-Werkstoffen zeichnet sich TECASINT 4000 durch folgende Eigenschaften aus:

→ Geringste Wasseraufnahme
→ Höchste Wärmealterungsbeständigkeit
→ Niedrige Reib- und Verschleißwerte
→ Beste Chemikalienbeständigkeit
→ HDT/A bis zu 470 °C
→ Verschiedene Typen mit hoher Bruchdehnung und Zähigkeit oder mit hohem Biegemodul verfügbar

TECASINT 5000
→ Kosteneffiziente Type
→ Sehr gute Dimensionsstabilität und Belastbarkeit bis 300 °C

TECASINT 8000
→ Matrix aus PTFE verstärkt mit PI-Pulver
→ Vermindertes Kriechen unter Last
→ Hervorragende Gleit- und Reibeigenschaften
→ Ideal geeignet für weiche Gegenlaufpartner (Edelstahl, Alu, Messing, Bronze)
→ Höchste Chemikalienbeständigkeit und einfache Zerspanbarkeit



Strukturformel PI

Clip
TECASINT 2011 (PI):
Hohe Reinheit.
Sehr gute Zerspanbarkeit.

Sensorgehäuse
TECASINT 5011:
Temperaturbeständigkeit bis 300 °C.
Sehr gute elektrische Isolation.

Modifikationen

Ungefüllt
→ Maximale Festigkeit und Dehnung
→ Höchster Modul
→ Geringste thermische und elektrische Leitfähigkeit
→ Hochrein
→ Ausgasungsarm im Vakuum gem. ESA Vorschrift ECSS-Q-70-20

+ 15 % Grafit
→ Verbesserte Verschleißfestigkeit und Wärmealterung
→ Selbstschmierend, für geschmierte und trockene Anwendungen

+ 40 % Grafit
→ Reduzierte Wärmeausdehnung
→ Höchste Kriechfestigkeit und Beständigkeit gegen Wärmealterung
→ Verbesserte Selbstschmierung
→ Reduzierte Festigkeit

+ 15 % Grafit / + 10 % PTFE
→ Niedrigste Haftreibung und niedriger Reibungskoeffizient durch PTFE- Modifikation
→ Selbstschmierend, daher gute Eigenschaften auch im Trockenlauf
→ Für Anwendungen mit niedrigen Reib- und Verschleißeigenschaften bei mittleren Temperaturen und Belastungen (< 200 °C)

+ 15 % MoS_2
→ Beste Reib- und Verschleißeigenschaften im Vakuum
→ Einsatz in der Raumfahrt, im Vakuum oder inerten Gasen (techn. trocken)
→ Ausgasungsarm im Vakuum gem. ESA Vorschrift ECSS-Q-70-20

+ 30 % Glasfasern
→ Verringerte Wärmeausdehnung
→ Hoch thermisch-mechanisch belastbar
→ Gute elektrische Isolation

SD
→ Statisch ableitend / Antistatisch, dauerhaft migrationsfrei
→ Oberflächenwiderstand $10^{6\text{-}8}$ Ω oder $10^{10\text{-}12}$ Ω
→ Für explosionsgeschützte Anlagen und in der Halbleitertechnik (Test sockets)

Übersicht Modifikationen

Beschreibung	Nomenklatur	Verfügbarkeit TECASINT				
	Halbzeug	1000	2000	4000	4100	5000
Pur	x011	1011	2011	4011	4111	5111
15 % Grafit	x021	1021	2021	4021	4121	–
40 % Grafit	x031	1031	2031	–	–	–
15 % Grafit / 10 % PTFE	x061	1061	2061	–	–	–
15 % MoS_2	x391	–	2391	–	–	–
30 % GF	x051	–	–	–	–	5051
SD statisch ableitend	x501	–	–	–	–	5501
	x511	–	–	–	–	5511

Modifikationen	8000
80 P / 20 PI	8001
60 P / 40 PI	8061

Sondereinstellungen auf Anfrage möglich.

Übersicht Nomenklatur TECASINT

TECASINT xxxx

1. Zahl	→ PI-Basismaterial / Produktfamilie
2. + 3. Zahl	→ Rezepturbezeichnung / Modifikation
4. Zahl	→ Herstellungsprozess (1 = Halbzeug; 2 = Direktformteil)

Direktformverfahren

Kostengünstiges Herstellungsverfahren für präzise Serienteile

Schnelllaufende vertikale Pressautomaten (mechanisch oder hydraulisch) verdichten das Pulver in der Formmatrize. Die Teilegeometrie muss ein Ausstoßen aus dem Presswerkzeug erlauben. Rohlinge werden anschließend einige Stunden bei hohen Temperaturen gesintert. Dabei erfolgt eine Formschwindung, die maßlich bei der Werkzeugkonstruktion berücksichtigt wird.

Bedingungen für das Direktformen

min. Teiledicke	~ 1 mm
max. Teiledicke	30 mm
max. Außendurchmesser	145 mm
min. Innendurchmesser	~ 2 mm
Oberflächengüte	~ 1 µm (Ra)
Abflachung an Fasen	0,15 – 0,3 mm

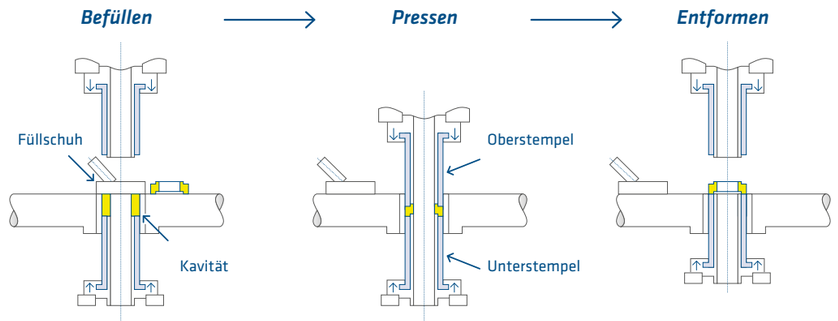
Richtwerte

Im Direktformverfahren stehen folgende Typen zur Verfügung:

TECASINT 2000 DF
→ TECASINT 2012 (Naturtype)
→ TECASINT 2022 (verschleißfeste Tribotype)
→ TECASINT 2032 (hochgefüllte Type, niedrige Reibung)
→ TECASINT 2062 (15 % Grafit, 10 % PTFE)

Anwendungen:
Ventilsitze, Gleitschienen, Kettenführungen, Kolbenringe, Führungsstücke, Anlaufscheiben, Axialdichtringe, Wellendichtringe, Lagerscheiben, Lagerbuchsen, Bundbuchsen, Gleitlager, Heißglasgreifer

TECASINT 6000 DF
→ TECASINT 6012 (Naturtype)
→ TECASINT 6022 (verschleißfeste Tribotype)
→ TECASINT 6032 (hochgefüllte Type, niedrige Reibung)
→ TECASINT 6062 (15 % Grafit, 10 % PTFE)



Weitere Informationen zum Thema Direktformverfahren finden Sie unter tecasint.com

Pulver in Kavität füllen, gepresstes Teil zur Seite schieben.

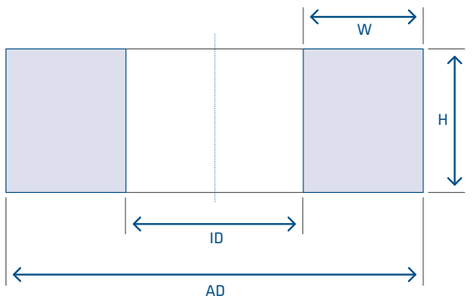
Pressen mittels Ober- und Unterstempel.

Gepresstes Teil aus Kavität auswerfen.

Form- und Lagetoleranzen für Direktformteile

Durchmesser		Höhe	
0 – 14 mm	± 0,030 mm	**0 – 5 mm**	± 0,10 mm
15 – 30 mm	± 0,050 mm	**5 – 15 mm**	± 0,20 mm
31 – 60 mm	± 0,075 mm	**15 – 40 mm**	± 0,25 mm

Richtwerte



W = Wandstärke
ID = Innendurchmesser
AD = Außendurchmesser
H = Bauteilhöhe

Durchmesser	Konzentrizität	Rundheit	Parallelität	Ebenheit
0 – 25,4 mm	0,04	0,050	0,040	0,050
25,4 – 50,8 mm	0,05	0,125	0,075	0,125
> 50,8 mm	0,05	0,125	0,075	0,125

Alle Werte in mm — Richtwerte

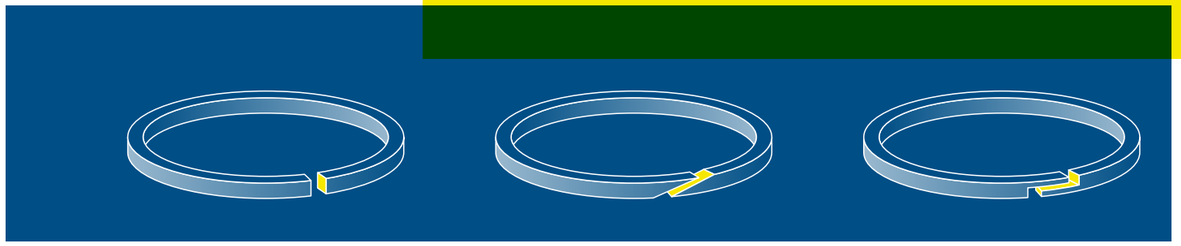
Die Form- und Lagetoleranzen können werkzeugfallend hergestellt werden. Abhängig von der Bauteilgeometrie und Bauteilgröße sind Abweichungen zu den aufgeführten Toleranzen möglich. Eine individuelle Toleranzbetrachtung sollte daher für jedes Bauteil durchgeführt werden. Hinterschneidungen, Querbohrungen, die nicht werkzeugfallend herstellbar sind, können genauso wie enge Toleranzen durch eine nachträgliche Zerspanung realisiert werden.

Gestaltungsrichtlinien beim Direktformen

- → Keine Hinterschneidungen möglich
- → Bundbuchsen brauchen Radius zwischen Flansch und Nabe
- → Mindestwanddicke von 1 mm ist zu empfehlen
- → Die Wandstärke ist eine Funktion der Teilehöhe. Diese ist materialabhängig und sollte den Wert von 1:10 nicht überschreiten
- → Abgeschrägte Kanten sind bis zu einem Winkel von 15 Grad ausgehend von der Horizontalebene möglich, müssen aber in die Matrize eingearbeitet werden
- → Größere Phasenwinkel erfordern eine Abflachung von 0,15 bis 0,3 mm am Stempelumfang
- → Abflachung (ca. 0,15 – 0,3 mm) an der Basis aller 45 – 60 Grad Phasen erforderlich
- → Nuten lassen sich beim Pressen in eine Ebene mit einer Tiefe von max. 30 % der Teilehöhe noch entformen, sollten aber beidseitig eine 1 Grad Ausformschräge aufweisen
- → Durchmesser von Löchern sollte mindestens 2 mm betragen

Dichtungsringe

Dichtungsringe aus TECASINT eigenen sich für Dauereinsatztemperaturbereiche von –270 °C bis +300 °C. Dabei sind sie im Vergleich zu Dichtringen aus Metall nachgiebiger und durch ihre höhere Elastizität beständiger gegen bleibende Verformung.



Geradstoß

- → Werkzeugfallend
- → Spalt schließt sich bei Erwärmung und reagiert auf Druck ohne bleibende Verformung
- → Kostengünstige Lösung
- → Ringe mit sehr niedrigen konstanten Leckraten
- → Mindestöldruck erforderlich für gleichmäßiges Andrücken an die Nutflanken
- → Max. Wandstärke für Geradstoß-Dichtungsringe: 0,5 x (mind. Wellendurchmesser – max. Nutgrunddurchmesser) – 0,05 mm

Schrägstoß

- → Werkzeugfallend mit anschließender Nachzerspanung
- → Stoß gewöhnlich mit 20 Grad
- → Spaltspieleffekt ist weitaus kleiner als beim Geradstoß
- → Abdichtung weniger abhängig vom Mindestöldruck

Gestufter Stoß

- → Werkzeugfallend mit anschließender Nachzerspanung
- → Stufenstoß dichtet über Mediendruck bei jeder Anwendungstemperatur
- → Verhält sich im Prinzip wie eine Geradstoßverbindung mit leicht reduziertem Spiel
- → Ringe mit sehr niedrigen konstanten Leckraten
- → Abdichtung weniger abhängig vom Mindestöldruck

Mechanische Eigenschaften

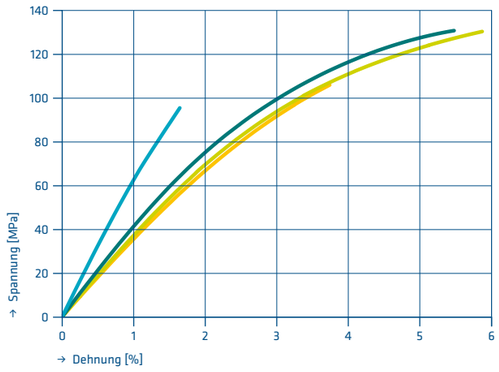
Die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften im Zugversuch gibt Auskunft über das Spannungs-Dehnungs-Verhalten sowie die daraus resultierenden Module. Da Bauteile aus TECASINT eher selten bei Raumtemperaturen zum Einsatz kommen ist für die korrekte Bauteilauslegung auch das Werkstoffverhalten bei höheren Einsatztemperaturen entscheidend. TECASINT Polyimide zeichnen sich auch bei hohen Temperaturen durch sehr hohe Festigkeiten und Module aus, wenn konventionelle Thermoplaste bereits versagen oder abbauen.

Dynamisch-mechanische Analyse (DMA)

Unter der DMA Messung versteht man das mechanische Antwortverhalten (Speichermodul E' und Verlustfaktor tan ∂) eines Materials unter geringfügiger, schwingender Belastung. Messwerte werden zeit-, temperatur- und frequenzabhängig erfasst. Das Speichermodul E' stellt den Anteil der Steifigkeit dar, der dazu führt, dass die Energie einer mechanischen Belastung vom Werkstoff durch elastische Verformung gespeichert und anschließend wieder abgegeben werden kann.

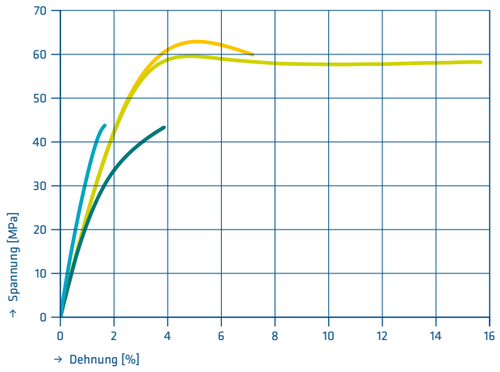
Zugversuch TECASINT Typen bei 23 °C

EN ISO 527



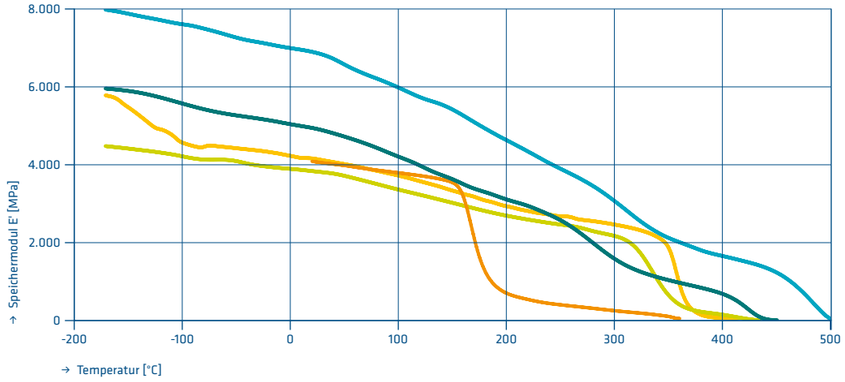
Zugversuch TECASINT Typen bei 260 °C

EN ISO 527



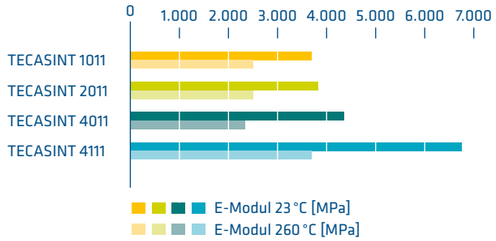
Speichermodul E' TECASINT als Funktion der Temperatur

DMA, 3-Punkt Biegeprüfung, 1 Hz, 2 K/min



Zug-E-Modul [MPa]

EN ISO 527

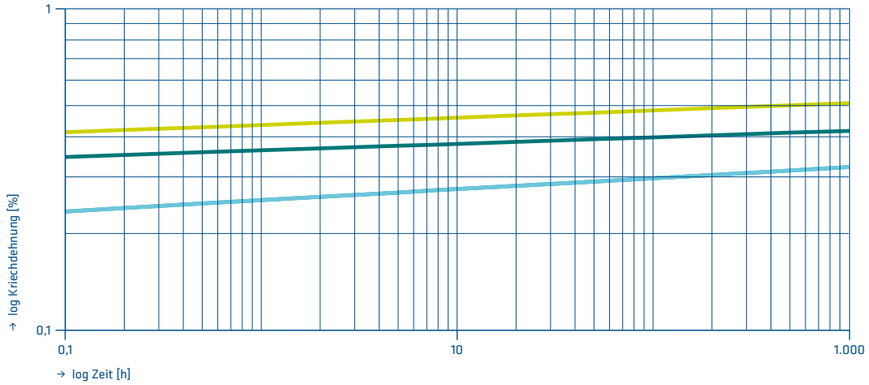


Kriechfestigkeit

Als Kriechfestigkeit bezeichnet man die Verformungszunahme in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur unter einer konstanten Last. TECASINT ist ein nicht schmelzender Werkstoff der auch bei hohen Temperaturen nicht erweicht und unter Lasteinwirkung eine sehr geringe Kriechneigung hat. Die unten aufgeführten Diagramme zeigen Kriechmodul und Kriechdehnung unter Abhängigkeit von Zeit und Temperatur bei einer Last von 17 MPa.

Kriechdehnung TECASINT bei 23 °C

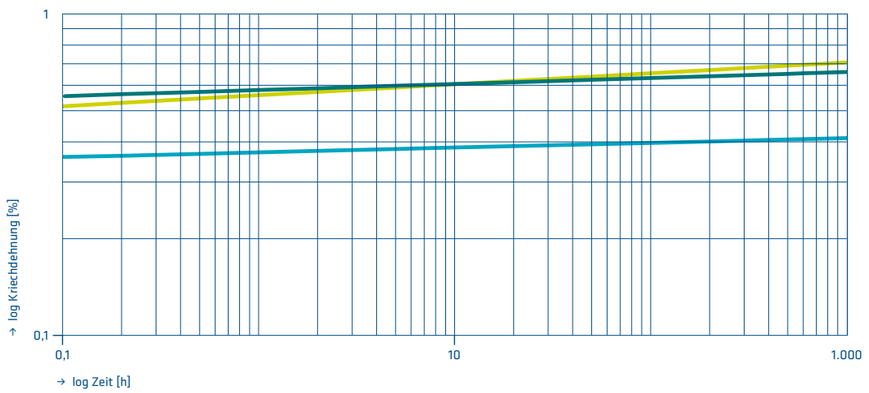
17 MPa, ISO 899-1



TECASINT 2011 *TECASINT 4011* *TECASINT 4111*

Kriechdehnung TECASINT bei 150 °C

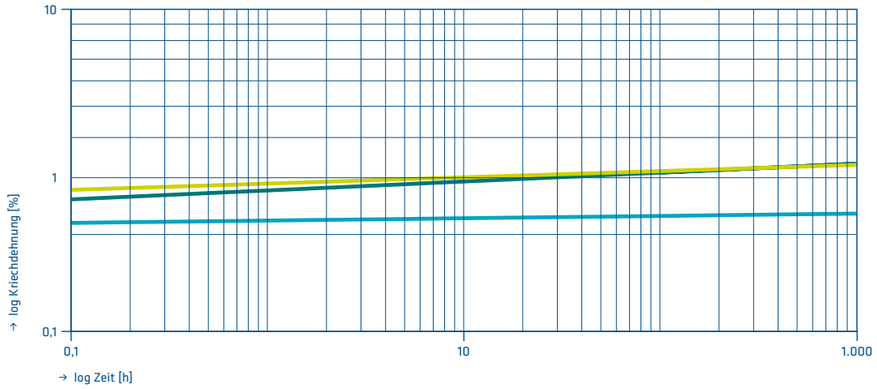
17 MPa, ISO 899-1



TECASINT 2011 *TECASINT 4011* *TECASINT 4111*

Kriechdehnung TECASINT bei 250 °C

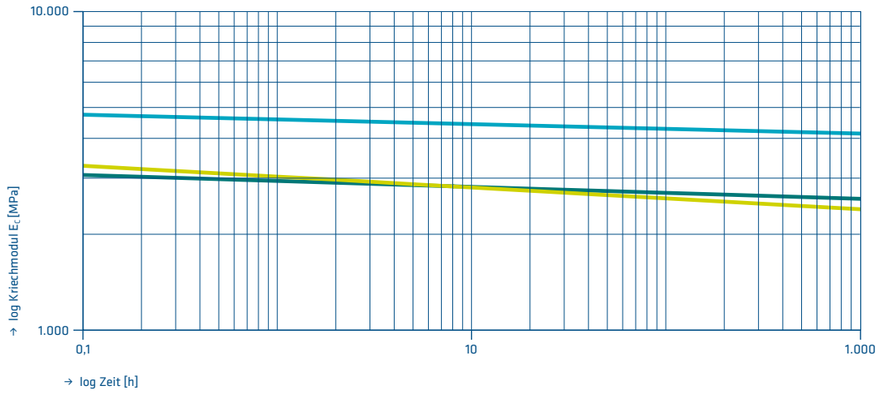
17 MPa, ISO 899-1



TECASINT 2011 *TECASINT 4011* *TECASINT 4111*

Kriechmodul EC TECASINT bei 150 °C

17 MPa, ISO 899-1



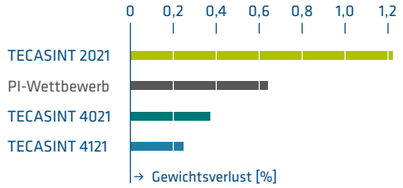
TECASINT 2011 *TECASINT 4011* *TECASINT 4111*

Thermische Eigenschaften

Aufgrund ihrer chemischen Struktur und Unschmelzbarkeit sind Polyimide für den Einsatz im Hochtemperaturbereich thermoplastischen Kunststoffen weit überlegen. Anhand der thermisch-oxidativen Beständigkeit lässt sich vor allem die Lebensdauer und Alterungsbeständigkeit unter Temperaturbelastung ablesen.

Thermisch-oxidative Stabilität bei 300 °C

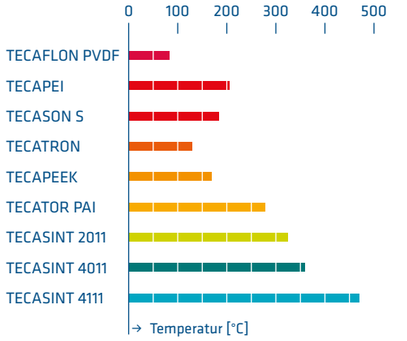
4,8 bar Überdruck über 300 h



Hier beweisen die TECASINT 4000 Materialien ihre herausragenden Eigenschaften mit minimalem Gewichtsverlust bei 300 °C und einem zusätzlichen Überdruck von 4,8 bar.

Wärmeformbeständigkeitstemperatur

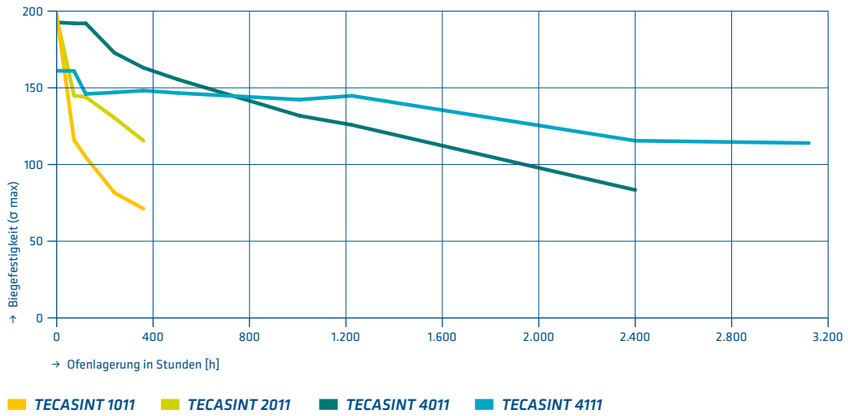
HDT / A 1,80 MPa



Alterungsbeständigkeit in Luft bei 340 °C

Langzeituntersuchungen bei 340 °C in Luft belegen die herausragenden Eigenschaften von TECASINT 4000. Nach 2000 Stunden erreicht TECASINT 4011 noch 50 % seiner ursprünglichen Biegefestigkeit. TECASINT 4111 setzt mit einer verbleibenden Biegefestigkeit von 70 % nach 3100 Stunden den Maßstab für extreme Hochtemperatureinsätze.

Alterungskurve, max. Biegefestigkeit bei 340 °C Ofenlagerung



Elektrische Eigenschaften

Durch die ausgezeichnete elektrische Isolationswirkung, hohe Festigkeit und sehr gute Strahlungs- und Wärmebeständigkeit eignen sich Bauteile aus TECASINT hervorragend für elektrische Anwendungen unter schwierigen Bedingungen. Auch bei hohen Temperaturen verlieren sie nicht ihre elektrischen Eigenschaften. Mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt steigt der dielektrische Verlustfaktor wie auch die Dielektrizitätszahl. Der Oberflächen- und Durchgangswiderstand werden durch zunehmenden Feuchtegehalt nur sehr gering beeinflusst.

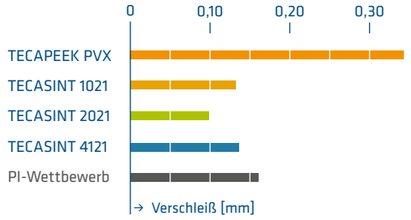
Tribologische Eigenschaften

TECASINT Polyimide weisen außergewöhnlich niedrige Verschleißwerte auf und eignen sich hervorragend für Einsatzfälle, bei denen Mangelschmierung auftritt oder im Trockenlauf. Für tribologische Anforderungen werden Typen mit Grafit oder Grafit/PTFE Modifikationen eingesetzt. Im Vakuum hingegen kommt Molybdändisulfid (MoS_2) zum Einsatz.

Die tribologischen Eigenschaften hängen sehr stark von den Umgebungsbedingungen ab. Großen Einfluss haben z.B. die Gleitgeschwindigkeit, die Belastung und die Bewegungsform (linear, oszillierend, rotierend). Aufgrund dieser komplexen Zusammenhänge sind Reibwerte und Verschleiß immer in Abhängigkeit vom Prüfsystem zu betrachten. Es ist daher kaum möglich, exakte Werte für jeden Anwendungsfall anzugeben und Versuche unter Praxisbedingungen sind unbedingt angeraten.

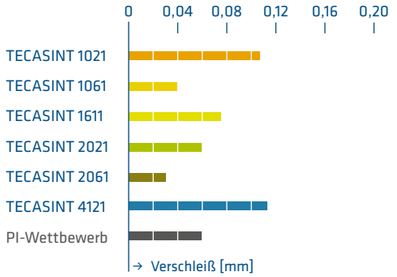
Welle-Lager-Test nach 72 Stunden

pV = 10.000 (Rpm: 1278 / 30 psi)



Kugel-Prisma-Test, Stahl 100Cr6

ungeschmiert, F = 30 N, n = 60 1/min

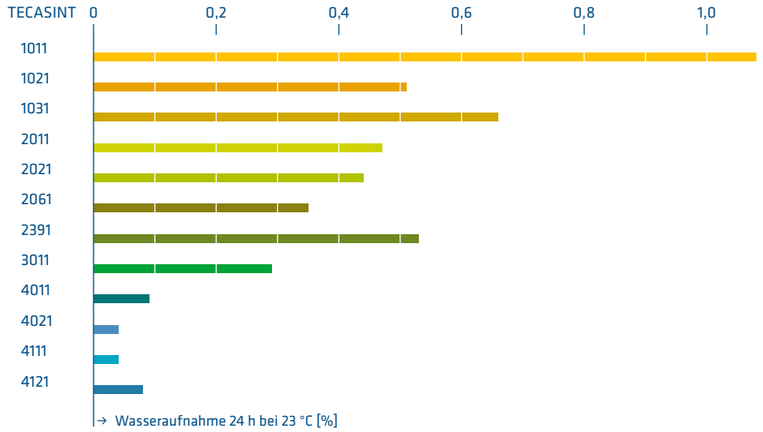


Verhalten gegen Umwelteinflüsse

TECASINT Bauteile sind oft unterschiedlichsten Umwelteinflüssen ausgesetzt, die zu Eigenschaftsveränderungen im Kunststoff führen können. Die Kombination verschiedener Umwelteinflüsse führt zu Wechselwirkungen, die sich nicht vorhersagen lassen. Nur durch Versuche unter Praxisbedingungen können solche Einflüsse simuliert werden.

Wasseraufnahme bei 23 °C [%]

EN ISO 62 (Wasserlagerung)



Vortrocknung

TECASINT weist wie viele andere Kunststoffe auch ein hygroskopisches Verhalten auf, d.h. der Kunststoff kann Wasser, meist in der Form von Luftfeuchtigkeit, aufnehmen. Diese Feuchtigkeitsaufnahme ist reversibel, d.h. das aufgenommene Wasser kann durch Trocknen wieder vollständig entfernt werden.

Bei der Herstellung hochpräziser Bauteile wird daher empfohlen, die Teile vor der Bearbeitung zu trocknen, um störendes Wasser zu entfernen. Auch Bauteile mit einer Einsatztemperatur von über 200 °C sollten getrocknet werden, um eine Bläschenbildung im Werkstoff aufgrund des hohen Dampfdrucks zu verhindern.

Tempern

Aufgrund des Sinterprozesses sind die Halbzeuge und Fertigteile aus TECASINT sehr spannungs- und verzugsarm und müssen daher nicht getempert werden. Für die Fertigung von Bauteilen mit sehr geringen Toleranzen kann es aber sinnvoll sein, TECASINT vor der Zerspanung zu trocknen, um jegliche Restfeuchte zu entfernen und die Teile auf einen einheitlichen Ausgangszustand zu konditionieren. Die getrockneten Fertigteile müssen anschließend in PE-Beutel luftdicht verpackt werden.

Trocknungsprozess

→ Das Bauteil für mindestens 48 Stunden bei 150 °C lagern
→ Danach innerhalb von 8 Stunden auf 240 °C aufheizen und mindestens 24 Stunden bei dieser Temperatur trocknen
→ Ofen abschalten und langsam abkühlen lassen

Hydrolyse

Polyimide sind bei Temperaturen von > 100 °C hydrolyseempfindlich und daher für den Einsatz in Heißwasser, Dampf und zur wiederholten Dampfsterilisation nicht geeignet.

Brandverhalten und Witterungsbeständigkeit

Brandverhalten

Sauerstoffindex LOI gem. EN ISO 4589-2

Der Sauerstoffindex oder "Limiting Oxygen Index" (LOI) gibt die Sauerstoffkonzentration in einem Sauerstoff/Stickstoff-Gemisch an, die mindestens vorherrschen muss, wenn ein Werktstoff brennt. TECASINT brennt erst bei einem Sauerstoffgehalt von ca. 50 % und ist daher in normaler Luft mit ca. 21 % Sauerstoffgehalt unbrennbar.

Sauerstoffindex LOI

EN ISO 4589-2

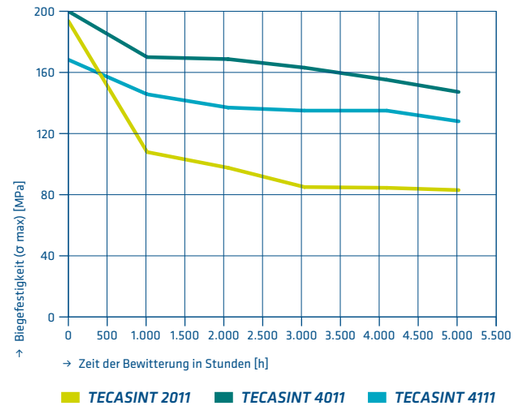
	LOI
TECASINT 2011	51
TECASINT 4011	49
TECASINT 4111	52

Witterungsbeständigkeit

Polyimide weisen eine hohe Strahlenbeständigkeit auf. Zur Beurteilung der Witterungsbeständigkeit wurde die Xenotestbewitterung nach EN 4892 gewählt, bei der neben der Bestrahlung mit künstlichem Sonnenlicht auch regelmäßige Beregnungszyklen den Einfluss von Regen, Feuchtigkeit und Temperatur in der Freibewitterung simulieren. Besonders gut schneiden hier die TECASINT 4000 Typen ab, die auch nach 5000 Stunden noch über 70 % ihrer Biegefestigkeit aufweisen.

Biegefestigkeit nach Bewitterung

Xenotest, DIN EN ISO 4892-2



Chemikalienbeständigkeit

Die TECASINT Produkte zeigen eine gute Beständigkeit gegenüber vielen chemischen Stoffen. Unter anderem gegenüber organischen und anorganischen Lösungsmitteln, Kraftstoffen, Ölen und synthetischen Schmierstoffen. Anfällig sind die TECASINT Produkte in Verbindung mit Wasser und Wasserdampf über 100 °C. Aufgrund der Hydrolyseanfälligkeit können sich hier starke Risse bilden.

Wichtige Kriterien zur Prüfung der Chemikalienbeständigkeit sind die Temperatur, Konzentration der Agenzien, die Verweilzeit und mechanische Belastung. In der unten aufgeführten Tabelle ist die Beständigkeit gegenüber verschiedenen Stoffen aufgeführt. Diese Übersicht dient zur Orientierung. Für eine konkrete Anwendung ist ein Eigennachweis zu empfehlen.

Chemikalienbeständigkeit von TECASINT (PI)

Aceton	+	*Jodtinktur, alkoholisch*	+	*Salzsäure, wässrig 36 %*	-
Ameisensäure, wässrig 10 %	+	*Kalilauge, wässrig 50 %*	-	*Salzsäure, wässrig 2 %*	+
Ammoniak, wässrig 10 %	-	*Kalilauge, wässrig 10 %*	(+)	*Schwefelkohlenstoff*	+
Benzin	+	*Kaliumbichromat, wässrig 10 %*	-	*Schwefelsäure, konzentriert 98 %*	-
Benzol	+	*Kaliumpermanganat, wässrig 1%*	+	*Schwefelsäure wässrig 2 %*	+
Bitumen	+	*Kupfer(II)Sulfat, 10 %*	+	*Seifenlösung, wässrig*	(+)
Butylacetat	+	*Leinöl*	+	*Siliconöl*	+
Calciumchlorid, wässrig 10 %	+	*Methanol*	+	*Sodalösung, wässrig 10 %*	(+)
Chlorbenzol	+	*Methylethylketon*	+	*Speisefette, Speiseöl*	+
Chloroform	+	*Methylenchlorid*	+	*Styrol*	+
Cyclohexan	+	*Milch*	+	*Teer*	+
Cyclohexanon	+	*Milchsäure, wässrig 90 %*	+	*Tetrachlorkohlenstoff*	+
Dekalin	+	*Milchsäure, wässrig 10 %*	+	*Tetrahydrofuran*	+
Dieselöl	+	*Natriumbisulfit, wässrig 10 %*	+	*Tetralin*	+
Dimethylformamid	(+)	*Natriumcarbonat, wässrig 10 %*	(+)	*Tinte*	+
Dioxan	+	*Natriumchlorid, wässrig 10 %*	+	*Toluol*	+
Essigsäure, konzentriert	(+)	*Natriumnitrat, wässrig 10 %*	+	*Trafoöl*	+
Essigsäure, wässrig 10 %	+	*Natriumthiosulfat, wässrig 10 %*	+	*Triethanolamin*	-
Essigsäure, wässrig 5 %	+	*Natronlauge, wässrig 50 %*	-	*Trichlorethylen*	+
Ethanol 96 %	+	*Natronlauge, wässrig 5 %*	(+)	*Trilon B; wässrig 10 %*	+
Ethylacetat	+	*Nitrobenzol*	+	*Vaseline*	+
Ethylether	+	*Oxalsäure, wässrig 10 %*	+	*Wachs, geschmolzen*	+
Ethylenchlorid	+	*Ozon*	(+)	*Wasser, kalt*	+
Froen, Frigen, flüssig	+	*Paraffinöl*	+	*Wasser, warm*	-
Fruchtsäfte	+	*Perchlorethylen*	+	*Wasserstoffperoxyd, wässrig 30 %*	-
Glykol	+	*Petroleum*	+	*Wasserstoffperoxyd, wässrig 0,5 %*	+
Glysantin, wässrig 40 %	+	*Phenol, wässrig*	+	*Wein, Weinbrand*	+
Glyzerin	+	*Phosphorsäure, konzentriert*	(+)	*Weinsäure*	+
Harnstoff, wässrig	+	*Phosphorsäure, wässrig 10 %*	(+)	*Xylol*	+
Heizöl	+	*Propanol*	+	*Zinkchlorid, wässrig 10 %*	+
Heptan, Hexan	+	*Pyridin*	-	*Zitronensäure, wässrig 10 %*	+
Isooctan	+	*Salicylsäure*	+		
Isopropanol	+	*Salpetersäure, wässrig 2 %*	+		

\+ beständig (+) bedingt beständig – nicht beständig
(auch abhängig von Konzentrat, Zeit und Temperatur)

Reinheit

In hochreinen Umgebungen wie z.B. der Halbleiter- und Solarindustrie können Fremdionen zu Kontamination und erhöhtem Ausschuss führen.

Ionische Reinheit

Die TECASINT Werkstoffe können in die Klasse „high purity“ eingestuft werden.

Ausgasung

Prüfungen gemäß ESA-Vorschrift lassen bei TECASINT keine kondensierbaren Verunreinigungen erkennen. Folgende Typen können daher im Hochvakuum bzw. Weltraum verwendet werden.

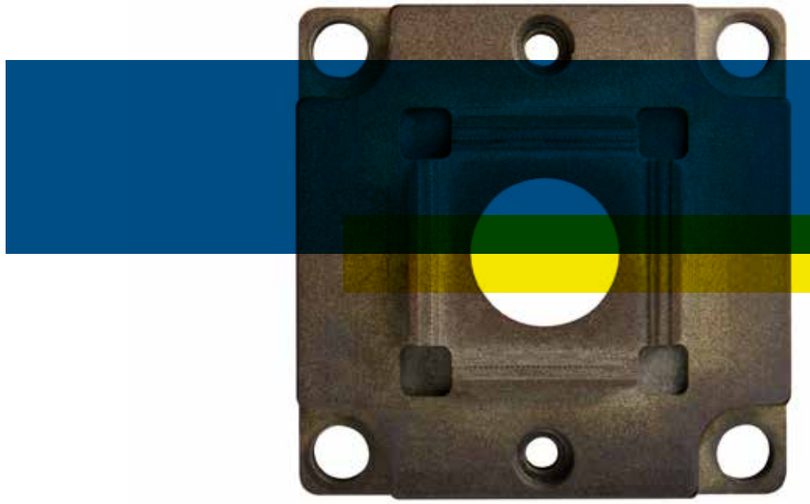
Ausgasungsarm

gem. ESA-Vorschrift ECSS-Q-70-02

Pur	1011	2011	4011	4111
15 % MoS_2		2391		

Ionische Reinheit

[mg/kg] ↓	*TECASINT 2011*	*TECASINT 4011*	*TECASINT 4111*
Aluminum (Al)	1	< 1	< 1
Calcium (Ca)	1	< 1	< 1
Copper (Cu)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Iron (Fe)	0.43	0.24	0.21
Magnesium (Mg)	< 2	< 2	< 2
Sodium (Na)	< 3	< 3	< 3
Zinc (Zn)	< 0.3	< 0.3	< 0.3



Testsockel
TECASINT 5011:
Temperaturbeständig bis 300 °C.
Hohe Festigkeit.
Gute elektrische Isolation.

Kontaktplatte
TECASINT 5051:
Geringe Wärmeausdehnung.
Temperaturbeständig bis 300 °C.
Verschleißfest.

FAQs

Welche Vorteile bietet TECASINT bei der Herstellung von Buchsen und Gleitlagern?
TECASINT bietet ein außergewöhnliches Eigenschaftsprofil und ermöglicht dadurch Anwendungen für extrem beanspruchte Bauteile, die mit anderen Werkstoffen wie Keramik, Metall oder mit herkömmlichen Kunststoffen unerreicht bleiben. Dabei sind die Buchsen und Gleitringe aus TECASINT über einen Dauereinsatztemperaturbereich von –270 °C bis 300 °C zäh, abrieb- und kriechfest und übertreffen daher oft die Leistungsfähigkeit von anderen Lagerwerkstoffen.

Wie verhalten sich TECASINT Gleitlager im Vergleich zu Nadel- und Rollenlagern?
Aufgrund guter tribologischer Eigenschaften ist eine Fremdschmierung nicht notwendig. Einsatzmöglichkeiten in Temperaturbereichen, bei denen Schmiermittel versagen. Gute Funktionalität in verschmutzter Umgebung. Geräusch-, Gewichts- und Kostenreduzierung.

Wie ist das Verschleißverhalten im Vergleich zu Bronze, Messing und Sintermetall?
Verlängerung der Lebensdauer von anderen Bauteilen durch deutliche Verringerung des Verschleißes im Vergleich zu Metall / Metallpaarungen. Funktioniert in Anwendungsbereichen, bei denen ungeschmierte Metalle aufgrund der Kombination von Druck, Wärme und Oberflächengeschwindigkeit versagen. Schlag- und kriechfest. Keine Probleme durch Schmiermittelverlust bei Textil- oder Papierstaub.

Wie schneiden Gleitlager aus TECASINT im Vergleich zu anderen Kunststofflagern ab?
Anwendungen bei Drücken, Oberflächengeschwindigkeiten und Temperaturbereichen möglich, bei denen technische Thermoplaste versagen. Höhere Schlag-, Druck- und Kriechfestigkeit. Sehr hohe Abriebfestigkeit. Sehr gut zerspanbar, engere Toleranzen möglich.

Sinterteile im Vergleich zu extrudierten Halbzeugen:

Pressen
→ Endmaßnahe Halbzeuggeometrien
→ Hohe Wirtschaftlichkeit infolge Materialeinsparung
→ Geringe Verzugsneigung aufgrund nahezu isotroper Eigenschaften
→ Somit auch leichtere Zerspanung
→ Diskontinuierlicher Fertigungsprozess
→ Hohe Halbzeugkosten

Extrudieren
→ Kontinuierliches Fertigungsverfahren
→ Niedrigere Halbzeugkosten
→ Hohe Spannungen aufgrund Orientierungen während der Produktion
→ Schwieriger beim Zerspanen

Haben Sie noch weitere Fragen?

Unsere technischen Anwendungsberater helfen Ihnen gerne weiter:
Markus Edelbauer: m.edelbauer@de.ensinger-online.com
oder Axel Reinheimer: reinheimer@ensinger-sintimid.at

Hinweise zur Zerspanung

Allgemeines
TECASINT-Produkte können auf allen für die Metallbearbeitung geeigneten Werkzeugmaschinen trocken oder nass bearbeitet werden. Die Verwendung von Schneidwerkzeugen aus Hartmetall mit einem Schneidenwinkel für die Aluminiumbearbeitung hat sich am besten bei der Zerspanung bewährt. Wichtig zur Vermeidung von Bearbeitungsfehlern ist das rechtzeitige Erkennen und Wechseln verschlissener Schneidplatten und die Verwendung der für die einzelnen Bearbeitungsschritte empfohlenen Schnitt- bzw. Vorschubgeschwindigkeiten. Verformungen durch zu hohen Spanndruck, insbesondere bei dünnwandigen Teilen, sind zu vermeiden. Vorzugsweise sind Spannhülsen, Spanndorne oder Vakuum-Spannvorrichtungen zu verwenden. Der Gebrauch von Vierbackenfutter ist zu empfehlen. Eine höhere Backenanzahl ergibt eine bessere Verteilung der Spannkraft.

Drehen
Für alle Bearbeitungsschritte ist die Verwendung von Hartmetall-Schneidplatten mit einer Schneidengeometrie, wie sie in der Aluminiumbearbeitung üblich ist, die beste Lösung. Die Schneidplattenspitze soll einen Radius zwischen 0,2 und 0,4 mm haben. Durch Nassbearbeitung wird der Schnittdruck am Werkstück erhöht, wodurch eine verstärkte Gratbildung auftreten kann. Die Standzeit der Schneidwerkzeuge wird durch Nassbearbeitung wesentlich verlängert. Berücksichtigt man alle wesentlichen Bearbeitungshinweise beim Drehen, so können bei der Bearbeitung von PAI- bzw. PI-Produkten optisch sehr saubere Teile mit einer hohen Oberflächengüte erzielt werden (Ra ≥ 1.6).
Schnittgeschwindigkeit für Plan-, Längs-, Innendrehen bzw. Ein- u. Abstechen.
V = 100 – 130 m / min
f = 0,05 – 0,25 mm / U

Maßhaltigkeit
Zerspanungsteile mit sehr engen Toleranzen sollen wegen ihres hygroskopischen Verhaltens der Materialien eher trocken bearbeitet werden. Dabei muss jedoch auf eine gute Wärmeabfuhr während des Zerspanens geachtet werden. PI- und PAI-Teile mit großem Durchmesser federn, verursacht durch den hohen Schnittdruck, unmittelbar nach dem Abstechen, geringfügig auf. Es ist deshalb empfehlenswert, immer im unteren Toleranzbereich zu fertigen. Halbzeuge für die Fertigung von sehr genauen Teilen sind vor der Bearbeitung zu tempern, ein weiteres Zwischentempern während der Bearbeitung ist im Allgemeinen nicht nötig. Um Maßänderungen an den Fertigteilen, bedingt durch ihr hygroskopisches Verhalten, zu verhindern, ist es ratsam, hoch qualitative Teile bei voraussichtlich längerer Lagerung in Vakuumsperrfolie einzuschweißen.

Fräsen

Fräsbearbeitung ausschließlich mit Gleichlauffräsverfahren. Für alle Bearbeitungsschritte ist die Verwendung von Hartmetall-Schneidplatten, mit der Schneidengeometrie wie bei der Aluminiumbearbeitung üblich, die beste Lösung. Individuelles Umschleifen der Schneidplatten kann bei manchen Arbeitsschritten zu noch besseren Ergebnissen führen. Trocken und Nassbearbeitung möglich. Durch Nassbearbeitung wird der Schnittdruck am Werkstück erhöht, wodurch eine verstärkte Gratbildung auftreten kann. Die Standzeit der Schneidwerkzeuge wird durch Nassbearbeitung wesentlich verlängert. Übermäßige einseitige Wärmeeinbringung in das Material vermeiden. Vorzugsweise ist eine abwechselnde zweiseitige Bearbeitung zu empfehlen.
Planfräsen:
V = 90 – 100 m /min.
f = 0,04 – 0,08 mm /Zahn

Bohren

Die Bearbeitung von PAI- und PI-Materialien ist mit Hartmetallbohrern zu empfehlen. Davon ausgenommen sind Bohrungen < Ø 1,5 mm. Diese sollten ausschließlich mit HSS-Bohrern durchgeführt werden. Die Bohrer sollen mit einem Spitzenwinkel von 120° geschliffen sein. Wegen der auftretenden Wärmeentwicklung ist eine ausreichende Spanabfuhr sowie eine Nassbearbeitung bei allen Bohrvorgängen zu empfehlen.
HM-Bohrer:
V = 100 m /min.
f = 0,02 – 0,1 mm /U
HSS-Bohrer:
V = 15 – 40 m /min
f = 0,02 – 0,1 mm /U

Weitere Informationen
finden Sie unter
tecasint.com

Das Wichtigste in Kürze

Ausführliche Hinweise zur Zerspanung stellen wir Ihnen auf Anfrage gerne in Form unserer technischen Information „Bearbeitungsrichtlinien TECASINT“ zur Verfügung.

Verklebung von TECASINT

TECASINT-Bauteile können miteinander aber auch mit anderen Kunststoffen, Metallen sowie Elastomeren verklebt werden. Um eine gute Verklebung zu bekommen, sind die Bauteile genau aufeinander abzustimmen. Im Vorfeld sollte ein Aufrauhen der Kontaktflächen mechanisch oder durch Strahlen erfolgen. Öle, Fette und Schmutz sind mit Lösungsmitteln zu entfernen. Als Klebstoff eignen sich Adhäsionskleber auf Basis von Epoxidharz, Polyurethan, Kautschuk oder Cyanacrylat.

Abmessungen von Standard-Halbzeugen

Halbzeuge aus TECASINT sind als Platten, Stäbe und Kurzrohre verfügbar:

→ Stäbe von Ø 6 mm bis max. Ø 100 mm, max. Länge 1.000 mm
→ Platten von 5 mm bis max. 100 mm Dicke
→ Max. Plattenformate bis 300 x 1.000 mm (max. Abmessungen sind typabhängig)

Großes Lagerprogramm

→ Schnell und flexibel: Alle Typen und Abmessungen gemäß Lagerliste sind sofort verfügbar
→ Große Plattenformate sorgen für hohe Effizienz in der Zerspanung

Zuschnittsservice

→ Günstig, da keine kompletten Platten oder Stäbe gekauft werden müssen (geringe Kapitalbindung)
→ Kundenfreundlich, da bedarfsgerecht bestellt werden kann.
→ Schnelle Verfügbarkeit. In der Regel innerhalb von 2 – 3 Tagen

Die Verfügbarkeit unserer Halbzeuge finden sie online unter: www.goo.gl/D3F5kv

Zerspanungsteile
TECASINT 1000 – 4000 (PI):
Sehr hohe Wärmebeständigkeit.
Hohe Festigkeit auch bei hoher Temperatur.

Kontakt

Ensinger Sintimid GmbH
Ensingerplatz 1
4863 Seewalchen
Österreich
Tel. +43 7662 88788 0
tecasint@ensingerplastics.com
tecasint.com

Zentrale

Ensinger GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 8
71154 Nufringen
Deutschland
Tel. +49 7032 819 0
info.de@ensingerplastics.com
ensingerplastics.com

TECASINT ist das Ensinger Portfolio unschmelzbarer Hochtemperatur-Polyimide. Die gesinterten TECASINT Halbzeuge und Direktformbauteile kommen in einer Vielzahl anspruchsvoller Industriebranchen zum Einsatz.

B-TS-Komp-DE-V1-04/20

ensingerplastics.com