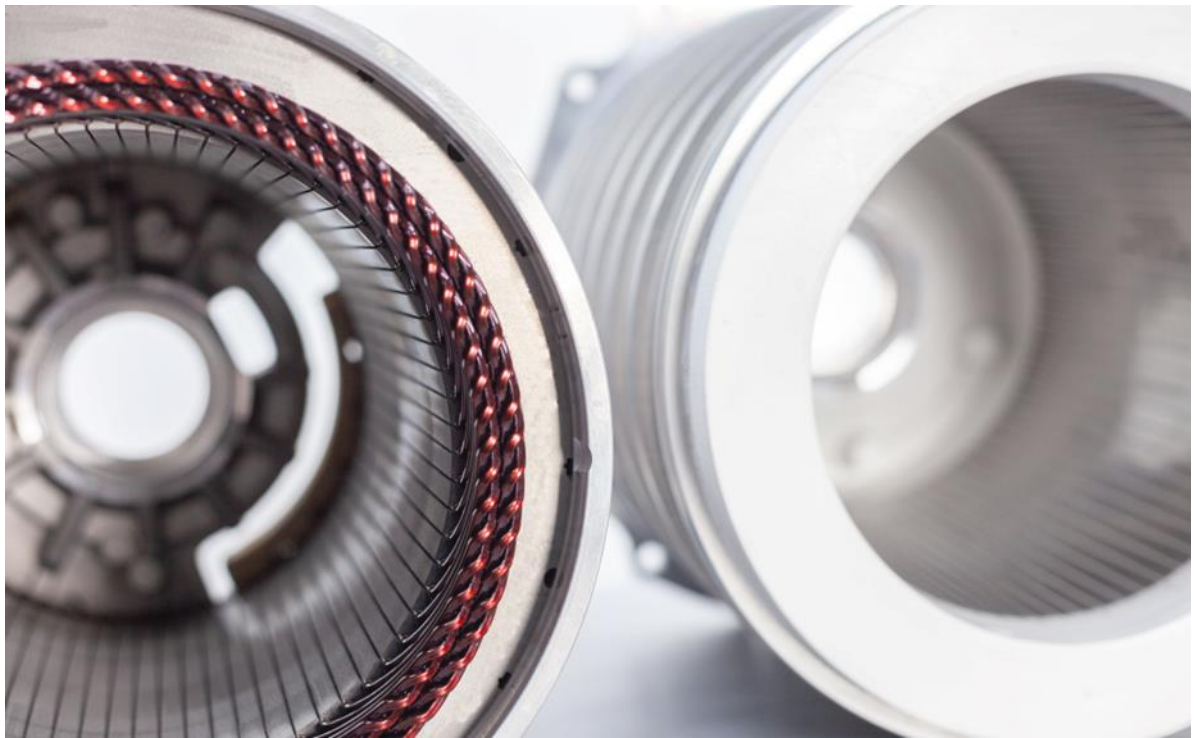


Der Game Changer



Das Feststoff-Kühlsystem

Lambdapox®

Der Turbo für den E-Antrieb

Ein Produkt entwickelt von ***Lambda Resins*** GmbH Germany

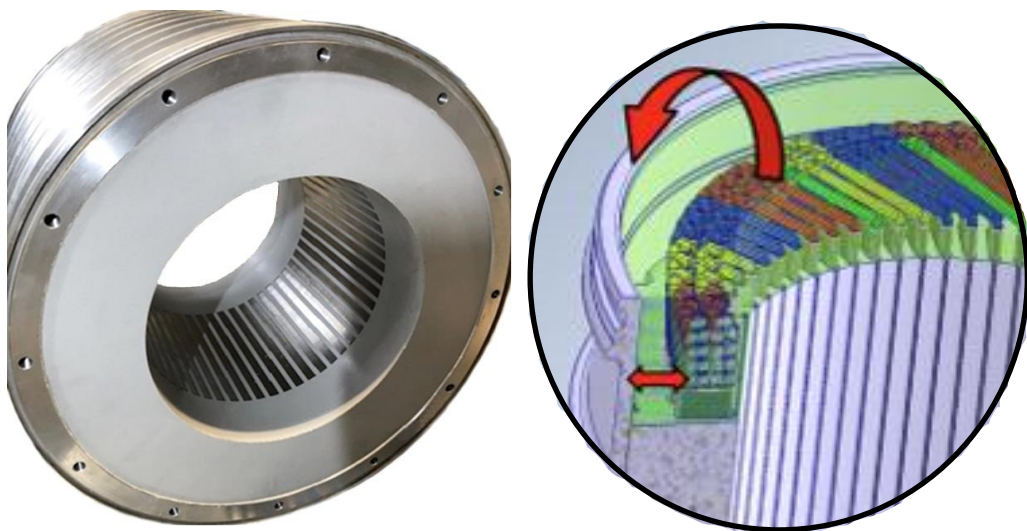
Heinkelstrasse 10 50169 Kerpen +49 2237 6000211 info@lambdaresins.de Web: lambdaresins.de

Lambdapox[®] Solid Cooling System

Herausforderungen einer zunehmend elektrifizierten automatisierten und elektromobilen Welt.



Die Industrie verlangt immer kleinere und leistungsstärkere E-Antriebe. Die enorme Leistungsdichte bei vergleichsweise geringem Volumen verursacht zunehmend thermische Probleme. Die thermischen Grenzen sind zumeist ausgereizt und bilden somit den leistungsbegrenzenden Faktor.



Beispiel: E-Motor für Hydraulikpumpe 60% mehr Dauerleistung von 130 kW auf 210 kW

Um die Temperatur aus der Kupferwicklung abzuleiten, wird häufig der Wickelkopf mit einem wärmostabilisierten Gießharz vergossen.

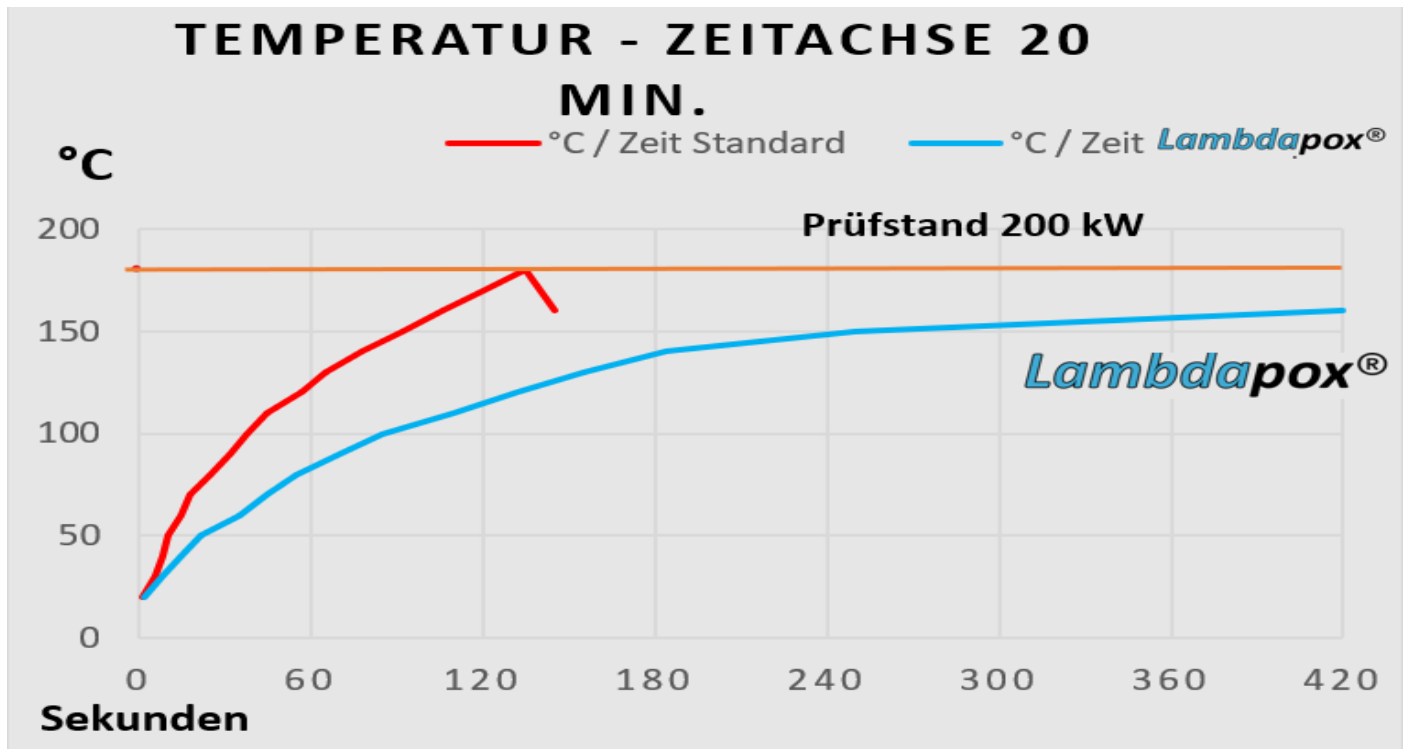
Dabei dient das Gießharz als elektrischer Isolator und als Medium für die Wärmeableitung zwischen Kupferwicklung und Kühlgehäuse. Wie effektiv die Wärme in den Kühlmantel geleitet wird, hängt von der Wärmeleitfähigkeit des Dielektrikums ab.

Stator Potting ist nichts Neues. Häufig verzichtet man darauf, weil der Aufwand zum Nutzen (Leistungsverbesserung) nicht angemessen scheint. Mit Lambdapox, mit bis zu **8 W/m*K** Wärmeleitfähigkeit, bewegen wir uns in einer anderen Dimension.

Es sind je nach Motordesign, Leistungszuwächse von 60 – 100% bei Dauerleistung möglich (Vergleich zum imprägnierten Motor). Das sind schnell einmal 50 – 60°C Temperaturunterschied wie die Grafik zeigt und dass bei gleicher Leistung.



Beispiel: Hairpin E- Antrieb >100% mehr Dauerleistung von 100 kW auf 203 kW * (s. Grafik)



Vergleichsmotoren mit 240 kW Dauerleistung

Standard-Impregnation

Messungen (Standard Imprägnierung)						
Wassertemperatur	Wassermenge	Drehzahl	Drehmoment	Wickelkopf	Spannung	Strom
[°C]	[l/h]	[U/min]	[Nm]	[°C]	[V]	[A]
74,9	723	4999	-271,35	179	750,7	203,28
78,1	720,1	9999	-208,03	180	750,77	307,2
83,85	720,6	13000	-137,19	175	750,72	266,05

Vacuum potting with Lambdapox

Messung (Verguuss mit Lambdapox)						
Wassertemperatur	Wassermenge	Drehzahl	Drehmoment	Wickelkopf	Spannung	Strom
[°C]	[l/h]	[U/min]	[Nm]	[°C]	[V]	[A]
73,2	723	4999	-277,04	130	750,3	206,87
78,1	721	9999	-211,67	142	750,2	311,27
82	721	13000	-140,34	144	750,3	271,2

Lambdapox[®] Solid Cooling System

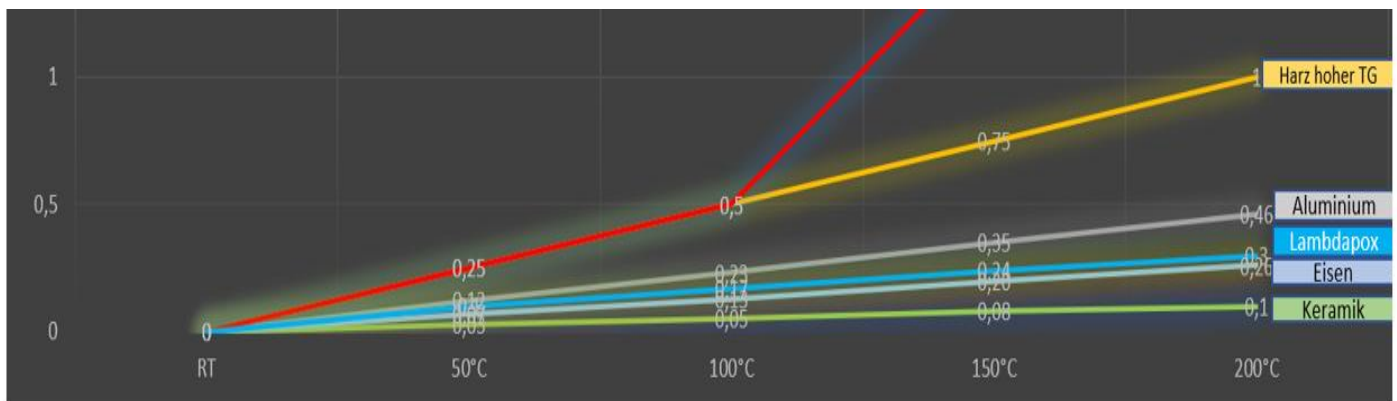
Problem Rissbildung und Alterung:

Die größte Sorge, ist die mechanische Haltbarkeit des Vergusses.

Über die Lebenszeit eines Antriebs verursachen hohe Temperaturwechsel Materialspannungen, die zur vorschnellen Alterung und damit zur Versprödung und Rissbildung führen. Durch die normalerweise großen Unterschiede bei der Wärmeausdehnung (10 – 100ppm°K) der Materialien Metall und Gießharz fürchten viele mit Recht, Materialrisse im Gießharz.

Um mechanische Spannungen zu vermeiden, ist es wichtig im thermischen Arbeitsfenster einen Ausdehnungskoeffizienten zu haben, der möglichst ähnliche Werte aufweist wie die umgebenden Materialien.

Ideal ist es, wenn bei Temperaturwechsel die Ausdehnung aller Materialien parallel verläuft, so dass es zu keiner Scherung an den Grenzflächen kommt. So entstehen keine Ablösungen und keine Cracks.



Besonders alterungsanfällig sind PU-Materialien, die bei über 130°C die Netzstruktur stark verändern. Bei diesen Temperaturen bricht das Polymernetz ein und die reaktiven NCO Gruppen gehen Ersatzbindungen zu wärmestabilisierenden Additiven ein. Die Harzmatrix und damit die Eigenschaften verändern sich also, mit der Alterung. Um der Alterung vorzubeugen, sollte das Gießharz thermisch Reserven haben.

Eine Klasse „H“ (180°C) sollte für moderne Hochleistungsmotoren mindestens gegeben sein.

Lambdapox kann kurzfristig bis über 200°C belasten werden, ohne dass Probleme zu befürchten sind.

Thermoschocktest ohne Cracks bestanden.

The test duration is calculated as follows:

Cycles: 100
Ramp-up: 40 min
Duration: 240 min at 180 degrees °C
Ramp-down: 40 min
Duration: 240 min at -40 degrees °C

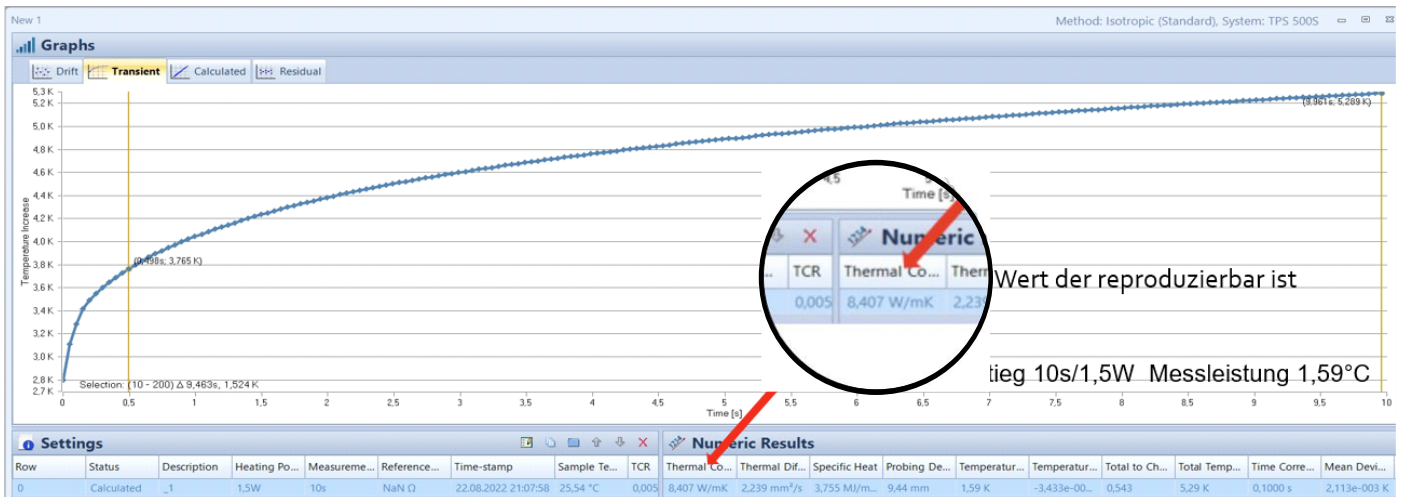
Total duration 56.000 min = 934 h = 5.5 weeks



Lambdapox[®] Solid Cooling System

8 W/m*K und dabei gut fließfähig, kann das sein?

Ja!



Hier eine Messkurve nach dem allgemein anerkannten HOT-DISK Messverfahren.

Es wird eine definierte Energie über eine festgelegte Zeit in die Messprobe eingebracht. Das Messgerät errechnet über die Zeit die Energiemenge und den Temperaturanstieg und mittels eines Algorithmus die Wärmeleitfähigkeit.

Es kursieren Aussagen in der Fachwelt die besagen, die Höhe des Wärmeleitwerts des Gießharzes sei nicht entscheidend. Hauptsache der Stator wird vergossen. Das ist nicht ganz falsch, aber auch nicht ganz richtig. Ausgehend von einem reinen imprägnierten Motor macht ein Standard-Verguss im Gegensatz zur Luft als Wärmeleitmedium einen Unterschied. Die Luft hat 0,02 W/m*K Wärmeleitfähigkeit, ein Standard- Harz ca. 1 W/m*K. Das ist das 50-fache. Daraus schließt man, dass die weitere Erhöhung von 1 auf 4, 5, 6 oder gar 8 W/m*K keinen nennenswerten Vorteil mehr bringt, weil das Delta zwischen 0,02 und 1 W/m*K um ein Vielfaches (50fach) größer ist als zwischen 1 und 8 W/m*K (8fach). Warum ist diese Betrachtung nicht zielführend? Weil bei höheren Wärmeleitwerten die 4 bis 8-fache Energie von 1 W/m*K abgeleitet werden kann. Je nach Konstruktion des Motordesigns sind thermische Reduktionen von 50 – 60°C und mehr möglich. Je nach Konfiguration des Antriebes kann die Dauerleistung sogar verdoppelt werden. Was beim Verbrennungsmotor der Turbolader ist, das ist beim E-Antrieb eine hochwärmeleitfähige Vergussmassen wie Lambdapox.

Lambdapox[®] Solid Cooling System

Weltspitze bei den fließfähigen wärmeleitfähigen Gießharzen

Höchste Wärmeleitfähigkeiten vereint mit exzellenten Gießeigenschaften und verhältnismäßig niedriger Viskosität mit gutem Benetzungseigenschaften, zeichnen Lambdapox aus.



Lambdapox fließt dünn über Oberflächen

Auf der Suche nach Performanz ist es Lambda Resins gelungen, der theoretisch optimalen Rezeptur sehr nahe zu kommen. Dabei haben wir die Grenzen der Physik und der Chemie ausgereizt und den sehr schmalen Pfad gefunden, ein gut fließfähiges Gießharz mit maximaler Wärmeleitfähigkeit zu entwickeln. Weicht man geringfügig davon ab, kollabiert das System und das Gießharz wird pastös oder verliert die anderen wichtigen Eigenschaften.

Epoxidharz hat mit $0,2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ grundsätzlich keine guten Wärmeleiteigenschaften. Erst durch Zugabe von gut wärmeleitfähigen Füllstoffen gelingt es, die Leitfähigkeit der Gießmasse signifikant zu erhöhen. Dabei gilt, je höher der Füllgehalt, desto besser die Leitfähigkeit. Dabei muss natürlich der Füllstoff selber elektrisch isolierend sein.

Mit einer Dichte von nahezu $3,3 \text{ g/ml}$ hat Lambdapox eine sehr hohe Packungsdichte, so dass das Harz nur noch als Bindemittel dient. Trotzdem ist es gelungen das Material fließfähig zu halten.

Viskositäten von $3000 - 6000 \text{ mPas}$ sind möglich. Wasserdünn ist zwar anders., aber das muss auch nicht sein, um einen Stator unter Vakuum zu vergießen. Durch die hohe Dichte und die guten Fließeigenschaften füllt Lambdapox den zu vergießenden Bauraum optimal aus.

Mit einem parametrisierten Prozess lassen sich reproduzierbar qualitativ hochwertige Bauteile rationell herstellen.

Lambdapox[®] Solid Cooling System



Beispiel Hairpinmotor unvergossen und vergossen

Ein weiterer Vorteil: Als Feststoff Kühlsystem ist Lambdapox absolut wartungsfrei. Einmal vergossen hält der wärmeableitende Effekt lebenslang.

Was wenn man die hohe Leistungsausbeute nicht braucht? Dann folgt man dem ewigen Trend, höchste Leistungen aus immer kleineren Motoren zu holen und die Baugröße zu minimieren. Das spart Bauraum und Geld.

Der Überblick:

- sehr hohe Wärmeleitfähigkeit bis über 8 W/m*K
- niedrige Viskosität ab 3000 – 6000 mPas
- ausgezeichnete Benetzungseigenschaften und gute Verklebung
- kein messbarer Schrumpf beim Härten
- hohe mechanische Festigkeit im Arbeitsbereich selbst bei 180°C
- Reaktivität ist einstellbar über chemischen Beschleuniger
- Wärmeklasse H 180°C
- hohe thermische Beständigkeit in Spitzen auch über 200°C
- extrem niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient 12-14 ppm
- keine Rissbildung zwischen -40 bis 180°C im Thermoschock
- sehr hoher Isolationswiderstand selbst bei 180°C >1.3 G-Ohm
- Brandverhalten nach UL94 V0 (in Vorbereitung)

Lambda Resins GmbH

Solid Cooling System

Info unter: www.lambdaresins.de



Lambdapox[®]

der TURBO für Ihren E-Antrieb

Ein Produkt entwickelt von *Lambda Resins* GmbH Germany

Heinkelstrasse 10 50169 Kerpen +49 2237 6000211 info@lambdaresins.de Web: lambdaresins.de