

Allgemeine Angaben

Im Allgemeinen erfolgt eine Unterscheidung der Matrixsysteme in Thermoplaste und Duroplaste. Jedes Polymer kann als Matrixharz für technische Anwendungen fungieren.

Die thermoplastischen Matrixsysteme gewinnen zunehmend durch die Weiterentwicklung der Technologien zur textilen Flächenbildung an Bedeutung. So werden heute bei vielen Prozessen der Herstellung von textilen Halbzeugen hybride Fadensysteme eingesetzt. Damit kann die Verstärkungswirkung der Bewehrungsfaser mit der verbunderzeugenden Stützfunktion des Matrixmaterials in einem textilen Halbzeug kombiniert werden. Die Weiterverarbeitung kann praktisch trocken erfolgen – ein Erweichen der Matrix erfolgt erst im beheizten Formwerkzeug. Weitere Vorteile der thermoplastischen Matrices sind ihre große Lagerfähigkeit und die großen Bruchdehnungen beim Einsatz.

Duroplastische Matrixsysteme härten im Allgemeinen durch Polykondensation, Polyaddition oder Polymerisation aus.

Die chemischen Reaktionen kommen durch das Mischen der zumeist zwei- oder mehrkomponentigen Harz-Härter-Systeme in Gang. Dabei lassen sich durch die Auswahl der zur Reaktion zu bringenden Komponenten und ihr Mischungsverhältnis technisch relevante Parameter wie Festigkeit, Steifigkeit, Verarbeitungszeit (Topfzeit) und der Zeitraum zum Erreichen der Endfestigkeit in weiten Grenzen steuern. Für den Einsatz im Holzbau haben Phenolresorcin-, Resorcin- und Epoxid-Harze die größte Marktrelevanz, weil sie sowohl an den Schichten und Fasern der eingesetzten textilen Verstärkungshalbzeuge als auch am Holz sehr gut anbinden.

Das wichtigste Kriterium für die Auswahl eines Matrixsystems für einen bestimmten Einsatzzweck sind seine technischen Eigenschaften wie Festigkeit und Steifigkeit. Daneben spielen auch immer technologische Aspekte eine große Rolle. Viskosität, Topfzeit, Zeitraum bis zum Erreichen der Endfestigkeit können maßgebliche Kriterien darstellen.

Mechanische Kennwerte

	Dichte [g/cm ³]	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Bruchdehnung [%]	E-Modul [N/mm ²]	Laminat [N/mm ²]
Phenol / Phenolresorcin	1,10...1,30	40...70	1,5...2,0	2800...3500	70...140
Epoxid	1,10...1,20	20...70	1,5...6,0	3000...4000	100...500
Polyesterharz	1,20	25...70	2,0	3500	200
Polyetheretherketon (PEEK)	1,30	85...95	50	3700	60...90

Verarbeitungshinweise

Für fast alle Reaktionsharze gilt, dass sie möglichst im Freien oder zumindest bei guter Belüftung verarbeitet werden sollen, da die Reaktionsabbauprodukte gesundheitsschädlich sein können. Die Sicherheitsdatenblätter und Anwendungsempfehlungen der Hersteller müssen beachtet werden. Das spanende Bearbeiten der ausgehärteten Formmassen (Sägen, Schleifen, Hobeln,...) ist zumeist ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen möglich.

Da die meisten Harze unter Wärmeabgabe aushärten (exotherme Reaktion), sollten beim Anmischen größerer Mengen Harz oder bei hohen Umgebungstemperaturen die Ausgangskomponenten gekühlt werden (15...20°C) und die Konstruktion von Bauteil oder Formwerkzeug einen guten Wärmeabtransport ermöglichen. Andernfalls beschleunigt sich die Reaktion durch die Wärmeentwicklung erheblich und das Harz erreicht dadurch nicht seine Endfestigkeit. Im Extremfall kann es sogar vollständig zerstört werden. Es existiert für viele Systeme aber häufig eine Forderung nach einer Mindesttemperatur für die Verarbeitung. Im Allgemeinen wird dabei eine frostfreie Verarbeitung gefordert. Sollten niedrige Ausgangstemperaturen zulässig sein, ist

mit verlängerten Aushärtungszeiten zu rechnen.

Beim Anmischen mehrkomponentiger Harzsysteme können Luftblasen in das Gemisch eingetragen werden. Aufgrund der hohen und beim Abbinden zunehmenden Viskosität können diese Blasen nicht mehr entweichen und führen zu Eintrübung und Verringerung der Festigkeiten des Harzes. Mit einem kurzen Entlüften des Gemisches in Unterdruck oder Vakuum können diese Gasblasen problemlos evakuiert werden.

Beschichtungen und Anstriche

Hinsichtlich der Verträglichkeit mit Beschichtungen und Anstrichen sind die Hinweise der Hersteller der Anstrichsysteme zu beachten. Von Seiten der faserverstärkten Kunststoffe existieren keine besonderen Anforderungen. Ein haftvermittelnder Primer steht für schwierige Farb-Kunststoffkombinationen bei den meisten Anstrichsystemen zumeist zur Verfügung.

Unter bestimmten Temperatur- und Feuchtebedingungen (sehr niedrige Temperaturen oder niedrige Temperaturen und hohe Luftfeuchte) können sich Abbauprodukte der Abbindereaktion von Harzen auf der Oberfläche niederschlagen,

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de

die als Trennschicht zur nächsten Schicht wirken (z. B. Amionröße oder Aminschieber beim Epoxy). Empfohlen wird deshalb, vor einem etwaigen Zwischenschliff eine Reinigung mit einer dafür geeigneten Reinigungslösung vor dem Aufbringen der ersten Farbschicht vorzunehmen.

Bauphysikalisches Verhalten

Für faserverstärkte Kunststoffe gilt ganz allgemein, dass ein wirksamer UV-Schutz in Form von Anstrichen mit UV-Filtern die Lebensdauer der Materialien nachhaltig beeinflussen kann. Vor Ölen, Fetten, Benzin, Diesel sowie Säuren etc. sollten die ausgehärteten Matrixsysteme dauerhaft geschützt werden. Vorgenannte Einflüsse können auch zu harmlosen Verfärbungen oder Eintrübungen führen.

Der Zutritt von Wasser erfolgt nur sehr langsam und in geringem Maße. Auftretende Quellungen müssen gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Kosten

Epoxid-, Polyester- und Phenolharze sind Standardprodukte der chemischen Industrie und insofern sehr preiswert. Im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit der damit hergestellten Bauteile sind Kilopreise im niedrigen zweistelligen Bereich kein signifikanter Kostenfaktor. Die neuartigen thermoplastischen Matrixsysteme sind aufgrund des noch geringen Produktionsdurchsatzes und der Sonderstellung ihrer Produzenten am Markt noch deutlich teurer.

Polyetheretherketon (PEEK) ist mit bis 350 EUR/kg (Stand I/2009) einer der teuersten Kunststoffe überhaupt.

Ökologische Bewertung

Der übliche Anteil von Produkten der chemischen Industrie in Holzbauteilen liegt im niedrigen einstelligen Prozentbereich. Durch den Einsatz von Faserverbundkunststoffen wird der Anteil dieser Produkte nicht maßgeblich erhöht. Dennoch können schon geringe Mengen der eingesetzten Harze einen signifikanten Einfluss auf die Umwelteinwirkung des Produkts haben. Die unten stehende Tabelle zeigt Werte der Wirkungsabschätzung verschiedener Harze aus der ecoinvent Datenbank [www.ecoinvent.ch]. Werte für PEEK können derzeit noch nicht berechnet werden. Rein stofflich gesehen sind sie jedoch in etwa wie Polyester einzuordnen, daher kann eine erste Abschätzung für die ökologische Bewertung in etwa die Werte für Polyesterharz in der Tabelle aufgreifen. Zusätzliche Produktionsschritte oder Stoffzugaben können die Bilanz des PEEK weiter verschlechtern.

Die Angaben für das Phenolharz beruhen auf sehr unsicheren Daten und können daher nur als Mindestwerte interpretiert werden, da z.B. bei der Produktion freigesetzte Emissionen nicht erfasst wurden und folglich auch nicht mit in die Bilanz einfließen konnten.

Die Angaben erfolgen jeweils für 1kg des jeweiligen Harzes.

Ökobilanz-daten	Ressourcen-verbrauch [kg Sb eq]	Versauerungs-potential [kg SO ₂ eq]	Eutrophie-rungs-potential [kg PO ₄ eq]	Treibhaus-potential [kg CO ₂ eq]	Ozonabbau-potential [kg CFC eq]	Sommersmog-potential [kg C ₂ H ₄ eq]	Primärenergie-verbrauch (KEA fossil) [MJ]
Phenolharz (95% Phenol)	0,0547	0,0136	0,0020	4,1861	1,23 * 10 ⁻⁷	0,0036	123
normalisiert	3,50 * 10 ⁻¹³	42,2 * 10 ⁻¹³	1,50 * 10 ⁻¹⁴	1,01 * 10 ⁻¹³	2,39 * 10 ⁻¹⁶	3,76 * 10 ⁻¹⁴	-
Epoxidharz	0,0594	0,0404	0,0064	6,6764	1,26 * 10 ⁻⁹	0,0012	133
normalisiert	3,80 * 10 ⁻¹³	1,26 * 10 ⁻¹³	4,86 * 10 ⁻¹⁴	1,61 * 10 ⁻¹³	0,024 * 10 ⁻¹⁶	1,21 * 10 ⁻¹⁴	-
Polyesterharz	0,0537	0,0192	0,0040	7,4966	1,08 * 10 ⁻⁶	0,0019	121
normalisiert	3,43 * 10 ⁻¹³	59,6 * 10 ⁻¹³	3,00 * 10 ⁻¹⁴	1,81 * 10 ⁻¹³	21,0 * 10 ⁻¹⁶	1,98 * 10 ⁻¹⁴	-

Einsatzmöglichkeiten

Epoxid- und Polyesterharze können zur industriellen Herstellung von nahezu allen faserverstärkten Halbzeugen im Bauwesen genutzt werden. So können pultrudierte GFK-Profilen für Tragkonstruktionen ebenso wie vorkonfektionierte CFK-Lamellen zur nachträglichen Verstärkung mit diesen Matrixsystemen konsolidiert werden. Ebenso können kommerzielle Strukturen wie Gewebe, Gelege, Geflechte und Wickelverbünde und Hochtechnologieprodukte wie Hybridgestricke und 3D-Strukturen damit getränkt werden. Neben preiswerten Breitband-Harzen stehen für fast alle Anwendungen mit speziellen Anforderungen auch immer besondere Harz-Systeme zur Verfügung. Phenol-Resorcin-Harz eignet sich besonders für das flächige Verkleben von Glasfa-

serstrukturen mit Holz und Holzwerkstoffen. Dabei kommt sein gutes Anbindevermögen zu herkömmlich beschichteten Glasfasern und seine Klebeeignung für Holz zum Tragen. Ein weiterer Vorteil für seinen Einsatz im Bauwesen ist seine gute Temperaturbeständigkeit.

Thermoplastische Matrices wie PEEK können aus Kostengründen momentan nur Nischen im Bauwesen besetzen. Insbesondere Leichtbaukonstruktionen oder Bauteile mit möglichst freier Formgebung können von den besonderen Eigenschaften dieser Produkte profitieren. Weitere Vorteile sind die schnelle Aushärtung (Abkühlphase des Thermoplastes) und die Wiederverformbarkeit der Faserverbundbauteile unter erneuter Wärmezufuhr.

Kontakt	Ansprechpartner	Telefon	E-Mail
Institut für angewandte Forschung im Bauwesen (laFB) e.V., Sophienstr. 33A, D-10178 Berlin	Hr. Hamann, Hr. Birk	++49 (0)30 28 39 28 -0	mail@iafb.de