



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 649 015 A5

⑤ Int. Cl.⁴: B 22 C 1/20

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 4524/80	㉗ Inhaber: Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf-Heerd (DE)
㉔ Anmeldungsdatum: 12.06.1980	
㉓ Priorität(en): 13.06.1979 DE 2923840	㉘ Erfinder: Born, Thorwald, Dr. rer. nat., Hannover 1 (DE)
㉒ Patent erteilt: 30.04.1985	
㉕ Patentschrift veröffentlicht: 30.04.1985	㉙ Vertreter: Patentanwälte W.F. Schaad, V. Balass, E.E. Sandmeier, Zürich

⑤④ **Kaltaushärtendes Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen.**

⑤⑦ Das Bindemittelsystem enthält ein Polyisocyanat mit mindestens 2 NCO-Gruppen im Molekül und ein monomeres ein- bis dreikerniges Phenol mit mindestens zwei phenolischen OH-Gruppen pro Molekül. Das Phenol ist in einer Konzentration von 5 - 15 Gew.-% an OH-Gruppen in einem polaren hochsiedenden, in bezug auf die Urethanbildung inerten Lösungsmittel mit einem  $\delta_H$ -Wert von mindestens  $7,18 \left[ \frac{\text{Joule}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  gelöst. Das Bindemittelsystem wird für Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen verwendet.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Kaltaushärtendes Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen, mit einem Polyisocyanat mit mindestens 2 NCO-Gruppen im Molekül und mindestens einem Polyol mit mindestens 2 phenolischen OH-Gruppen im Molekül und gegebenenfalls einer aliphatischen Verbindung mit mindestens zwei freien OH-Gruppen als Reaktionspartner zur Bildung eines Polyurethans, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyol ein monomeres ein- bis dreikerniges Phenol mit mindestens zwei phenolischen OH-Gruppen pro Molekül ist, welches in einer Konzentration von 5–15 Gew.-% an OH-Gruppen in einem polaren hochsiedenden, in bezug auf die Urethanbildung inerten Lösungsmittel mit einem  $\delta_H$ -Wert von mindestens  $7,18 \left[ \frac{\text{Joule}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  gelöst ist.

2. Bindemittel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in der Lösung noch bis zu 10 Gew.-%, bezogen auf die Lösung, einer aliphatischen Verbindung mit mindestens zwei freien OH-Gruppen enthalten sind.

3. Bindemittel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lösung ein einkerniges zweiwertiges Phenol in einer Konzentration von 40–50 Gew.-% enthält.

4. Bindemittel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Lösung in Bisphenol in einer Konzentration von 50–60 Gew.-% enthält.

Für bindemittelhaltige Formstoff-Mischungen zur Herstellung von Giessformen und Kernen besitzen kalthärtende Bindemittel auf Polyurethan-Basis eine zunehmende Bedeutung. Diese Bindemittel entstehen innerhalb der Formstoff-Mischung aus der Umsetzung von Polyolen mit mindestens zwei OH-Gruppen («Harzkomponente») und Polyisocyanaten mit mindestens zwei NCO-Gruppen («Vernetzungskomponente») in Gegenwart von Reaktionsbeschleunigern, wie z. B. tertiären Aminen oder metallorganischen Verbindungen, welche eine schnelle Umsetzung und damit eine ausreichend kurze Aushärtezeit des Bindemittels sicherstellen.

Normalerweise wird zur Herstellung einer solchen polyurethan-gebundenen Formstoff-Mischung der körnige Formgrundstoff (z. B. Quarzsand od. dgl.) zunächst mit der in einem Lösungsmittel gelösten Harzkomponente und dann mit dem (meistens ebenfalls in einem Lösungsmittel gelösten) Vernetzungsmittel vermischt. Die Zugabe der Reaktionsbeschleuniger kann dabei entweder in der letzten Phase des Mischvorgangs erfolgen oder aber auch erst nach dem Ausformen der Formstoff-Mischung, indem die Mischung im Formwerkzeug kurzzeitig mit einem gasförmigen tertiären Amin, z. B. mit Triäthylamin begast wird.

Als Harzkomponente der Polyurethan-Bindemittel sind vom Prinzip her alle monomeren bis polymeren Polyole geeignet, wenn sie eine ausreichende Reaktivität ihrer OH-Gruppen gegenüber den NCO-Gruppen des Polyisocyanats besitzen und wenn sie sich in die Form einer Lösung mit ausreichend hohem Feststoffgehalt bringen lassen. Allerdings hat sich gezeigt, dass die Verwendung monomerer Polyole, z. B. der Bisphenole, zu Giesserei-Bindemitteln mit ungenügenden Festigkeitswerten führt und deshalb keinen Eingang in die Praxis finden konnte. Es wurde auch schon ein Gemisch aus monomeren Polyolen und Vorkondensaten mit freien OH-Gruppen als Harzkomponente vorgeschlagen, da sich mit einem solchen Gemisch gegenüber der Verwendung von nur monomeren Polyolen bessere Festigkeitswerte errei-

chen lassen. In der Giessereipraxis kommen derzeit aber bevorzugt allein Vorkondensate mit freien OH-Gruppen zum Einsatz, wie z. B. Phenol-Formaldehyd-Kondensate mit freien Methylolgruppen, die in aromatischen, ggfs. noch mit polaren höhersiedenden Lösungsmitteln als Lösungsvermittler verschnittenen, Lösungsmitteln gelöst sind.

Die mit Vorkondensate enthaltenden Bindemitteln hergestellten Formen und Kerne haben sich hinsichtlich ihrer Aushärtezeit, ihrer Anfangsfestigkeit und ihrer Endfestigkeit auch durchaus gut bewährt. Als unbefriedigend wird jedoch empfunden, dass diese Formen und Kerne insbesondere bei niedrigen Giesstemperaturen, wie sie z. B. im Leichtmetall-Guss vorkommen, relativ schlechte Zerfallseigenschaften haben. Nach dem Abguss besitzt das Bindemittel dann nämlich noch eine so hohe Restfestigkeit, dass sich insbesondere die Kerne nur sehr schwer aus dem fertigen Gussstück entfernen lassen. Die Folge ist ein entsprechend hoher Aufwand in der Putzstation der Giesserei.

Man kann den schlechten Zerfallseigenschaften der bekannten, mit polyolischen Vorkondensaten aufgebauten Polyurethan-Bindemittel dadurch etwas entgegenwirken, dass der Formstoff-Mischung noch besondere, zerfallsfördernde Zusätze zugesetzt werden oder der Gehalt an Bindemittel in der Formstoff-Mischung auf die unterste, noch gerade tragbare Grenze abgesenkt wird. Beide dieser Möglichkeiten stellen aber nur Behelfe dar, denn bei beiden dieser Möglichkeiten sinkt die Festigkeit der noch nicht abgegossenen Formen und Kernen stark ab, ohne dass ihr Zerfall nach dem Abguss wirklich problemlos wird.

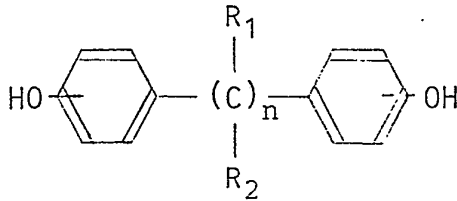
Es besteht also in der Giessereipraxis ein erheblicher Bedarf an einem kalthärtenden Polyurethan-Bindemittel, welches gute Festigkeitswerte für die Formen und Kerne liefert und zugleich nach dem Abguss möglichst zerfallsfreundlich ist. Ein solches Bindemittelsystem soll die Erfindung bereit-

stellen. Dieses Ziel erreicht die Erfindung dadurch, dass als Polyol ein monomeres ein- bis dreikerniges Phenol mit mindestens zwei phenolischen OH-Gruppen pro Molekül eingesetzt ist, welches in einer Konzentration von 5–15 Gew.-% an OH-Gruppen in einem polaren hochsiedenden, in bezug auf die Urethanbildung inerten Lösungsmittel mit einem  $\delta_H$ -Wert von mindestens  $7,18 \left[ \frac{\text{Joule}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  gelöst ist.

Die Erfindung schreibt somit für die Harzkomponente des Bindemittelsystems zwei zwingende Bedingungen vor, nämlich den Einsatz von speziellen monomeren Phenolen in Kombination mit einer ganz bestimmten Lösungsform für diese Phenole. Es wurde gefunden, dass sich bei Einhaltung dieser Kombination ein hervorragendes Bindemittelsystem für Formstoff-Mischungen ergibt, welches hinsichtlich Aushärtezeit sowie Festigkeit den mit polyolischen Vorkondensaten aufgebauten Bindemitteln nicht nachsteht (was nach den bisherigen Erfahrungen mit monomeren Polyolen nicht zu erwarten war). Ausserdem führt das erfindungsgemässe Bindemittelsystem aber auch, was sich dabei als besonders überraschend herausgestellt hat, nach dem Abguss zu ganz ausgezeichneten Zerfallseigenschaften der Formen und Kerne. In diesem Punkt ist das erfindungsgemässe Bindemittelsystem den mit polyolischen Vorkondensaten aufgebauten Bindemittelsystemen wesentlich überlegen, so dass mit der Erfindung die bislang in diesem Punkt bestehende Bedarfslücke voll geschlossen wird. Nebenbei macht die Erfindung auch noch einen grundsätzlichen Vorteil monomerer Polyole nutzbar, nämlich den Fortfall der Verfahrensstufe zur Herstellung eines Vorkondensats.

Unter dem Begriff «monomeres ein- bis dreikerniges Phenol mit mindestens zwei phenolischen OH-Gruppen pro Molekül» werden im Sinne der Erfindung aromaten mit ei-

nem bis drei einzelnen (also nicht anellierten) Benzolkerne verstanden, die insgesamt mindestens zwei phenolische OH-Gruppen besitzen. Typische und bevorzugte Beispiele sind (einzeln oder in Mischung miteinander) die zwei- und mehrwertigen einkernigen Phenole, insbesondere Resorcin und Hydrochinon sowie die Bisphenole der allgemeinen Formel



mit (bei  $n = 1$ )

$R_1 = \text{Methyl}$  und  $R_2 = \text{Methyl}$  (Bisphenol A)

$R_1 = \text{Methyl}$  und  $R_2 = \text{Äthyl}$  (Bisphenol B)

$R_1 = \text{Methyl}$  und  $R_2 = \text{Butyl}$

$R_1 = \text{Methyl}$  und  $R_2 = \text{Amyl}$

$R_1 = \text{Methyl}$  und  $R_2 = \text{Heptyl}$

bzw. mit (bei  $n = 1$ )

$R_1 + R_2 = \text{Pentamethylen}$

oder mit (bei  $n = 1$ )

$R_1 = \text{Äthyl}$  und  $R_2 = \text{Hydroxyl}$ .

Das Lösungsmittel für das monomere ein- bis dreikernige Phenol muss polar und hochsiedend (Siedepunkt oberhalb  $140^\circ\text{C}$ ) sein und darf natürlich auch nicht die Reaktion der Urethanbildung zwischen dem Phenol und dem Polyisocyanat beeinflussen, d. h. es darf beispielsweise keine die Urethanbildung katalysierenden Aminogruppen enthalten und beispielsweise auch keine solchen OH-Gruppen, die bei der Vernetzung zu einem vorzeitigen Kettenabbruch führen. Als entscheidende weitere Bedingung kommt aber noch hinzu, dass das Lösungsmittel einen  $\delta_H$ -Wert von mindestens  $7,18 \left[ \frac{\text{Joule}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  haben muss.

Der Begriff « $\delta_H$ -Wert» erfasst die Fähigkeit eines Lösungsmittels zur Bildung von Wasserstoffbrücken und ist bei Charles M. Hansen, Journal of Paint Technology, Vol. 39, Nr. 505, (1967), S. 104 ff («The Three Dimensional Solubility Parameter – Key to Paint Component Affinities») definiert. Hansen hat zur Kennzeichnung des Löseverhaltens von Lösungsmitteln die «spezifische Kohäsionsenergie» (die sich aus der Verdampfungswärme und dem Molvolumen ermitteln lässt) herangezogen und diese in einen Anteil aufgrund von allgemeinen zwischenmolekularen Kräften (Dispersionskräften), einen Anteil aufgrund von Dipolkräften und einen Anteil aufgrund von Kräften durch Wasserstoffbrückenbildung unterteilt. Daraus hat er drei Löslichkeitsparameter  $\delta_a$ ,  $\delta_p$  und  $\delta_H$  abgeleitet, die sämtlich die Dimension  $\left[ \frac{\text{cal}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  bzw.  $\left[ \frac{\text{Joule}}{\text{cm}^3} \right]^{1/2}$  besitzen. Von diesen drei Parametern ist nur der  $\delta_H$ -Wert (also der Einfluss von Wasserstoffbrücken) für die Erfindung wichtig. Der  $\delta_a$ -Wert (Einfluss der Dispersionskräfte) ist für alle Lösungsmittel nahezu gleich gross, und von dem  $\delta_p$ -Wert (Einfluss der Dipolkräfte) wird bei der Erfindung lediglich gefordert, dass das Lösungsmittel polar sein muss (wobei im allgemeinen der  $\delta_p$ -Wert etwas geringer sein kann, wenn der  $\delta_H$ -Wert stärker oberhalb von 3,5 liegt).

Es ist noch nicht geklärt, warum die Fähigkeit des Lösungsmittels, ausreichend Wasserstoffbrücken bilden zu können, ein entscheidendes Kriterium der Erfindung darstellt, aber es gibt Grund zu der Annahme, dass das Lösungsmittel sich bei normaler Temperatur unter Wasserstoffbrückenbildung relativ fest an die (wegen des monome-

ren Phenols sehr zahlreich vorhandenen) Urethan-Bindungen anlagert und auf diese Weise zur Festigkeit des ausgehärteten Bindemittels beiträgt, diesen stabilisierenden Effekt jedoch bei höherer Temperatur verliert, wodurch eine leichtere Zerstörung des Bindemittels durch die Giesshitze möglich wird. Jedenfalls wurde gefunden, dass das Lösungsmittel selbst bei längerer Lagerung nicht in nennenswertem Masse aus den ausgehärteten Formen und Kernen ausdampft, was für Lösungsmittel ausserhalb des Bereichs der Erfindung nicht gilt. Ausserdem wurde noch gefunden, dass sich mit Lösungsmitteln ausserhalb des Bereichs der Erfindung (einschliesslich auch solchen, deren  $\delta_H$ -Wert nur geringfügig unterhalb 7,18 liegt) auch dann kein Erfolg einstellt, wenn ein Phenol im Bereich der Erfindung verwendet wird, und dass umgekehrt auch mit einem Lösungsmittel im Bereich der Erfindung in Verbindung mit einem polyolischen Vorkondensat (anstatt einem Phenol im Bereich der Erfindung) keine Verbesserung der Zerfallbarkeit der Formen und Kerne erzielt werden kann. Diese Befunde stützen die vorerwähnte Annahme.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind ausgewählte Beispiele von polaren, hochsiedenden und gegenüber der Urethanbildung inerten Lösungsmittel mit einem  $\delta_H$ -Wert oberhalb 7,18 zusammengefasst, die einzeln oder im Gemisch miteinander für die Zwecke der Erfindung geeignet sind.

Tabelle 1

Lösungsmittel	$\delta_H$ -Wert
Isophoron	7,38
$\gamma$ -Butyrolacton	9,23
Glykol-Diäther	
Dimethyl-diglykol	9,23
Methylbutyl-glykol	etwa 7,18–9,23
Dimethyl-triglykol	etwa 7,18–9,23
Methylbutyl-diglykol	etwa 7,18–9,23

Die Konzentration der Phenole in der Lösung soll so beschaffen sein, dass sich ein Bereich von 5–15 Gew.-% an OH-Gruppen ergibt. Konzentrationswerte unterhalb von 5 Gew.-% an OH-Gruppen führen zu einem zu geringen Feststoffgehalt der Lösung und dadurch zu unbefriedigenden Festigkeitswerten für die damit hergestellten Formen und Kerne. Ebenso werden aber auch bei einer zu hohen Konzentration der Phenole, d. h. bei Werten oberhalb 15 Gew.-% an OH-Gruppen, keine ausreichenden Festigkeitswerte für die Formen und Kerne erreicht, weil in dem Fall der Zusatz einer zu grossen Menge an Polyisocyanat erforderlich ist. Als zweckmässig hat es sich erwiesen, bei den einkernigen Phenolen (z. B. Hydrochinon) eine Konzentration im Bereich von 40–50 Gew.-% und bei den mehrkernigen Phenolen z. B. Bisphenol) eine etwas höhere Konzentration im Bereich von 50–60 Gew.-% einzustellen. Dem entspricht eine Konzentration an OH-Gruppen von etwa 12–15 Gew.-% bzw. 7–9 Gew.-%.

Die Herstellung einer als Harzkomponente verwendbaren Phenol-Lösung bereitet in keinem Fall Schwierigkeiten. Wenn die Phenole nicht bereits bei Zimmertemperatur in Lösung gehen, genügt meistens ein gelindes Erwärmen des Lösungsmittels. Wichtig ist natürlich aber, dass die Lösung stabil bleibt, d. h. dass die Phenole nicht wieder im Laufe der Zeit auskristallisieren. Dies ist bei Einhaltung der erfindungsgemässen Bedingungen gewährleistet.

Der Phenol-Lösung können noch übliche Zusätze zugesetzt werden, wie z. B. Silane oder hochsiedende aromatische Kohlenwasserstoffe bzw. Petroleum zum Zwecke der Hy-

drophobierung. Insbesondere die hochsiedenden aromatischen Kohlenwasserstoffe können dabei zugleich zur Abstimmung der Verträglichkeit (Mischbarkeit) der Phenol-Lösung mit der Vernetzungskomponente dienen, sofern das in einzelnen Fällen erforderlich ist.

Eine Gruppe weiterer Zusätze, die sich insbesondere in einer Menge bis zu 10 Gew.-% als zweckmässig erwiesen haben, sind aliphatische Verbindungen mit mindestens zwei OH-Gruppen, wie Äthylenglykol, Glycerin, Diäthylenglykol und dessen Homologe, sowie auch aliphatische Polyäther (alkoxilierte Polyhydroxiverbindungen). Diese Zusätze sind infolge ihrer freien OH-Gruppen reaktiv, d. h. sie werden in das Bindemittel-Gerüst mit eingebaut. Sie reagieren normalerweise bei der Aushärtung langsamer als die Phenole und wirken sich dadurch steigernd auf die Endfestigkeiten der Formen und Kerne aus.

Als Vernetzungskomponente kommen für die Zwecke der Erfindung alle auch sonst für die Herstellung von Polyurethan-Bindemitteln gängigen Polyisocyanate mit mindestens zwei NCO-Gruppen infrage, und zwar bevorzugt solche mit aromatischer Struktur. Beispiele dafür sind Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat, 2,2',6,6'-Tetramethyl-diphenylmethan-4,4'-diisocyanat, Diphenyldimethylmethan-4,4'-diisocyanat und Diphenyl-4,4'-diisocyanat. Die Polyisocyanate können unverdünnt oder aber gelöst in einem organischen Lösungsmittel, bevorzugt in aromatischen Kohlenwasserstoffen mit einem Siedebereich oberhalb 160 °C eingesetzt werden. Im Falle einer Lösung liegt die Konzentration der Polyisocyanate dabei zweckmässig im Bereich oberhalb 80%.

Die Verarbeitung des erfindungsgemässen Bindemittelsystems geschieht in herkömmlicher Weise, indem der körnige Formgrundstoff (z. B. Quarzsand) mit der Phenol-Lösung (Harzkomponente) und dem polyisocyanat (Vernetzungskomponente) vermischt wird. Die Menge an Polyisocyanat soll dabei zweckmässig über-stöchiometrisch sein. Bevorzugt wird ein Molverhältnis der OH-Gruppen zu den NCO-Gruppen von 1:1,1 bis 1:1,5. Die Gesamtmenge an Bindemittelsystem, also an Phenol-Lösung plus Polyisocyanat (ggf. ebenfalls in Lösung) kann im Bereich von 0,8 bis 3,0 Gew.-% liegen, bezogen auf den Formgrundstoff. Der Reaktionsbeschleuniger (z. B. ein tertiäres Amin oder eine metallorganische Verbindung) wird je nach der zugrunde liegenden Verfahrensweise entweder in der letzten Phase des Mischvorgangs zugesetzt, oder aber es erfolgt im Formwerkzeug die übliche Begasung.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es wurden aus den in der nachfolgenden Tabelle 2 angegebenen Phenolen und Lösungsmitteln sowie ggfs. Zusätzen eine Anzahl unterschiedlicher Phenol-Lösungen hergestellt, die jeweils noch durch Zusatz von 0,3% Silan hydrophobiert wurden. Mit diesen Phenol-Lösungen als Harzkomponente und mit üblichem Giessereisand (Quarzsand) wurden in einem Laborschnellmischer verschiedene Formstoff-Mischungen hergestellt, wobei als Vernetzungskomponente in allen Fällen ein Polyisocyanat auf Basis Diphenylmethandiisocyanat diente, entweder unverdünnt oder mit aromatischen Kohlenwasserstoffen als Lösungsmittel versetzt. Der Gesamtgehalt an Bindemittel in der Formstoff-Mischung wurde auf 2 Gew.-% eingestellt, und die Anteile der Harzkomponente bzw. der Vernetzungskomponente wurden dabei so variiert, dass sich jeweils die in der Tabelle 2 angegebenen Molverhältnisse OH/NCO ergaben.

Aus den solcherart erhaltenen Formstoff-Mischungen wurden nach DIN 52 401 Prüfkörper hergestellt und durch Begasung mit Triäthylamin ausgehärtet. Bei der anschließenden Untersuchung wurden die ebenfalls in der Tabelle 2

angegebenen Festigkeitswerte ermittelt, die in einem für die Giessereipraxis brauchbaren Bereich liegen.

Die Prüfung der Zerfallbarkeit erfolgte unter Praxisbedingungen in einer Giesserei. Dazu wurden aus den erfindungsgemässen Bindemitteln gemäss Beispielen A 2 und B 3 sowie aus einigen handelsüblichen Polyurethan-Bindemitteln (Vergleich 1, 2 und 3), die ein polyolisches Vorkondensat enthielten, eine Anzahl von unterschiedlichen Kernen hergestellt, die durch Begasung ausgehärtet wurden und die teils im Sandgussverfahren, teils im Kokillengussverfahren mit Aluminium bei 780 °C vergossen wurden. Anschliessend wurden die Zeiten für das Ausklopfen der Kerne gemessen. Aus diesen Zeiten, die als Mittelwerte aus je ca. 15 Einzelwerten in der nachfolgenden Tabelle 3 angegeben sind, ist die Überlegenheit der erfindungsgemässen Bindemittel hinsichtlich der Zerfallbarkeit deutlich erkennbar.

Tabelle 2

Beispiel A  
Bisphenol A gelöst in Dimethyldiglykol  
Polyisocyanat ohne Lösungsmittel

Nr.	Phenol (Gewichtsteile)	Lösungs- mittel	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
				sofort	45'	24 h
1	56,0	44,0	1:1,0	206	160	294
2	56,0	44,0	1:1,11	226	177	324
3	56,0	44,0	1:1,23	226	216	373
4	56,0	44,0	1:1,36	235	216	402
5	56,0	44,0	1:1,50	235	265	422
6	56,0	44,0	1:1,66	196	284	412

Beispiel B  
Bisphenol A gelöst in Isophoron mit Zusatz von  
4% Diäthylenglykol; Polyisocyanat mit 15% Aromaten  
versetzt

Nr.	Phenol (Gewichtsteile)	Lösungs- mittel	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
				sofort	45'	24 h
1	42,4	53,6+4,0	1:1,14	20	372	392
2	46,6	49,4+4,0	1:1,16	80	353	372
3	50,0	46,0+4,0	1:1,23	110	372	402
4	53,4	42,6+4,0	1:1,17	160	353	422
5	53,4	42,6+4,0	1:1,30	118	392	392
6	53,4	42,6+4,0	1:1,44	90	422	412

Beispiel C  
Wie Beispiel B, jedoch Isophoron ohne Zusatz  
von Diäthylenglykol

Nr.	Phenol (Gewichtsteile)	Lösungs- mittel	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
				sofort	45'	24 h
1	50,0	50,0	1:1,38	80	383	372

## Beispiel D

Resorcin (R) gelöst in Isophoron (Iso) bzw.  
Hydrochinon (H) gelöst in Dimethyldiglykol (DMDG);  
Polyisocyanat mit 15% Aromaten versetzt.

Nr. Phenol	Lösungs- mittel (Gewichtsteile)	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
			sofort	45'	24 h
1	40,0 R 60,0 Iso	1:1,22	100	294	323
2	40,0 H 60,0 DMDG	1:1,22	80	170	215

## Beispiel E

Bisphenol A gelöst in Dimethyldiglykol  
mit Zusatz von 10% Polyäther (Molekulargewicht  
300-400); Polyisocyanat mit 15% Aromaten versetzt.

Nr. Phenol	Lösungs- mittel (Gewichtsteile)	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
			sofort	45'	24 h
1	57,0 33,0+10,0	1:1,23	206	470	480

## Beispiel F

Bisphenol A gelöst in einem Gemisch aus  
15% Isophoron und 23,2% Dimethyldiglykol mit Zusatz  
von 3,4% Diäthylenglykol sowie 5% Aromaten (A) bzw.  
Petroleum (P); Polyisocyanat mit 15% Aromaten versetzt.

Nr. Phenol	Lösungs- mittel (Gewichtsteile)	Mol- verhältnis OH/NCO	Biegefestigkeiten (N/cm <sup>2</sup> )		
			sofort	45'	24 h
1	53,4 15,0+23,2 +3,4+5,0 A	1:1,36	137	314	324
2	53,4 15,0+23,2 +3,4+5,0 P	1:1,36	128	265	392

Anmerkung: Der in den Beispielen B, D, E und F zur Abkürzung  
benutzte Ausdruck «Aromaten» bedeutet: «Aromatische Kohlenwas-  
serstoffe mit einem Siedebereich oberhalb 160°C.

Tabelle 3

Versuch 1:	Sandguss mit Saugrohr-Kern (ca. 12 kg)	Versuch 3:	Kokillenguss mit Ölwannekern (ca. 12 kg)
Vergleich 1:	Ausklopftime 170 s	Vergleich 1:	Ausklopftime 90 s
Vergleich 2:	Ausklopftime 168 s	50 Vergleich 2:	Ausklopftime 80 s
Beispiel B 3:	Ausklopftime 100 s	Beispiel B 3:	Ausklopftime 50 s
Beispiel A 2:	Ausklopftime 105 s		
Versuch 2:	Sandguss mit Pistolenkern (ca. 500 g)	55 Versuch 4:	Kokillenguss mit Wassermantel (ca. 300 g)
Vergleich 2:	Ausklopftime 70 s	Vergleich 2:	Ausklopftime 75 s
Vergleich 3:	Ausklopftime 70 s	Vergleich 3:	Ausklopftime 70 s
Beispiel B 3:	Ausklopftime 20 s	60 Beispiel B 3:	Ausklopftime 55 s
Beispiel A 2:	Ausklopftime 30 s		