

IV Cyanacrylat Klebstoffe

- A Cyanacrylate 3**
- 1 Allgemeine Beschreibung 3**
- 1.1 Produktbeschreibung und Produkteigenschaften 3
- 1.2 Chemische Basis und Viskositäten 4
- 1.3 Festigkeiten 5
- 1.4 Eingefärbte bzw. fluoreszierende Cyanacrylate 5
- 1.5 Die Systematik der Cyberbond Cyanacrylat Klebstoffe 5
- 2 Basis-Monomere 6**
- 2.1 Methylester (ME) 7
- 2.2 Ethylester (AE – Cyberbond 2000 Serie) 7
- 2.3 Butylester (BE – Cyberbond 7000 Serie) 7
- 2.4 Alkoxyester (AOE – Cyberbond Serie 5000) 8
- 3 Kriterien zur Optimalen Verklebung 9**
- 3.1 Luftfeuchtigkeit 9
- 3.2 Umgebungstemperatur 9
- 3.3 Materialeinfluss 10
- 3.3.1 Metall/Metallklebung 10
- 3.3.2 Kunststoff/Kunststoffklebung 10
- 3.3.3 Elastomer/Elastomerverklebungen 11
- 3.3.4 Verbindung unterschiedlicher Materialien 13
- 3.4 Oberflächenzustand 13
- 3.4.1 Saubere Oberflächen 13
- 3.4.2 pH-Wert einer Oberfläche 13
- 3.4.3 Oberflächenspannung 14



3.5	Klebstoffschichtstärke	14
3.6	Fügeflächengröße.....	15
3.7	Der zusätzliche Gebrauch des Beiprogramms	15
4	Verarbeitungsmöglichkeiten	16
4.1	Manuelle Verarbeitung (weiche Flaschen und Nadelverschluss) (s. auch Kapitel III 5)	16
4.2	Automatische Dosierung (LINOP) (s. auch Kapitel VIII)	16
5	Rationalisierungsmaßnahmen	17
6	Einsatzgebiete	18
7	Eigenschaften	19
7.1	Temperaturverhalten	19
7.2	Lösungsmiteleinfluss	20
7.3	Beständigkeit nach Feucht/Warm Lagerung	21
7.4	Beständigkeit nach Klimabelastung/Ausdehnungsverhalten	22
7.5	Alterung	22
8	Verarbeitungshinweise und Gefahrenpotential	23
8.1	Verarbeitung, Lagerung, Entsorgung von Cyanacrylaten	23
8.2	Gefahrenpotential von Cyanacrylaten	23
8.2.1	Zusammensetzung der Klebstoffe	23
8.2.2	Schleimhautreizungen	24
8.2.3	Unbeabsichtigtes Benetzen der Haut oder Augen	24
8.2.4	Vorsichtsmaßnahmen.....	24
8.2.5	Bedeutung des Sicherheitsdatenblatts Cyanacrylat (s. auch Kapitel II 8.2).....	25
8.2.5.1	Kennzeichnung Ethylester	25
8.2.5.2	Kennzeichnung Butyl- und Alkoxyester	25
B	Spezielle Cyanacrylate	26
1	Cyberbond xtraflex Serie.....	26
2	Neomer Technologie von Cyberbond.....	30
3	Cyberbond Cyanacrylat in der Medizinindustrie	31
3.1	Cyberbond in der medizinischen Einmal-Artikel-Industrie (s. auch Kapitel VI 7.3)	31
3.2	Cyanacrylat in der Chirurgie.....	32

A Cyanacrylate

1 Allgemeine Beschreibung

1.1 Produktbeschreibung und Produkteigenschaften

Cyanacrylat Klebstoffe – auch als Sekundenkleber bezeichnet – sind bewährte Bestandteile der modernen Klebtechnik. Die prägnantesten Eigenschaften dieser Klebstoffe sind:

- ▼ **einkomponentig und damit einfach zu handhaben,**
- ▼ **lösungsmittelfrei,**
- ▼ **sehr schnell in der Aushärtung.**

Cyanacrylate werden vornehmlich zum Verkleben von Metallen, Kunststoffen und Elastomeren eingesetzt. In den 1950iger Jahren führte das Unternehmen Eastman Kodak mit Eastman 910 den ersten Cyanacrylat Klebstoff der Welt auf dem amerikanischen Markt ein.

Cyanacrylat Klebstoffe entsprechen aufgrund der o. g. Eigenschaften – schnellhärtend, einkomponentig und lösungsmittelfrei – mehr denn je den heutigen Bedürfnissen. Als moderne Reaktionsklebstoffe haben sie sich einen festen Platz in der Industrie gesichert, der durch jahrelange Erfahrung und sehr positive Ergebnisse dokumentiert wird. Heutzutage ist eine Vielzahl von zu verklebenden Werkstoffen am Markt anzutreffen. Die spezifischen Anforderungen an die Klebstoffe und Klebungen haben eine ständige Weiterentwicklung und Anpassung der Cyberbond Klebstoffe notwendig gemacht. Wichtig ist dabei, dass anwendungsgerechte Produkte mit guten Lagerstabilitäten dem Anwender zur Verfügung stehen.

Mit Cyberbond hergestellte Verbindungen zeichnen sich durch gute mechanische Festigkeit, hohes Haftvermögen an den meisten unporösen Materialien, ausreichende Temperaturbeständigkeit, verbesserte Elastizität, gute Alterungs- und Bewitterungsbeständigkeit aus. Die Aushärtung erfolgt durch die Anwesenheit von Luftfeuchtigkeit. Es ist darauf zu achten, dass der Klebstofffilm möglichst dünn und die zu verklebende Fläche aufgrund der schnellen Reaktion relativ klein sein sollten.

Die Industrie erkannte schnell die Leistungsfähigkeit der Cyanacrylate. Rationalisierungspotentiale bei der Fertigung durch den Einsatz dieser Systeme ließen den seinerzeit relativ hohen Einstandspreis bedeutungslos erscheinen. Somit war der Erfolg der Cyanacrylat Klebstoffe in der Industrie nicht aufzuhalten. Stetig ansteigende Qualitätsverbesserungen und neue Produktionstechniken sind die Gründe dafür, dass der Anwender heute die Auswahlmöglichkeit zwischen einer Vielzahl recht unterschiedlicher Cyanacrylat Klebstoffe hat. Cyanacrylate stellen sich in der Regel als eine farblose, klare Flüssigkeit mit leicht stechendem Eigengeruch dar.

1.2 Chemische Basis und Viskositäten

Auf zwei Unterscheidungsmerkmale, die das Typenprogramm eines jeden Cyanacrylat Klebstoffherstellers bestimmen, soll hier kurz eingegangen werden.

Zunächst einmal ist die chemische Basis eines solchen Klebstoffes wichtig, d. h. welches Ausgangsmonomer ist Hauptbestandteil der Rezeptur? Dies bedingt wiederum den Eignungsgrad des Klebstoffes bei der Verklebung spezieller Materialien. Man unterscheidet dabei zwischen verschiedenen Estergruppen, wobei die Ethylester bei weitem das größte Anwendungsspektrum abdecken. Generell zum Einsatz kommen aber auch Methyl-, Butyl-, Alkoxyester und einige andere mehr.

Als zweites Kriterium zählt die Viskosität (s. auch Kapitel II 4). Es werden Klebstoffe dünn wie Wasser bis hin zu gelförmigen Produkten angeboten. Allgemein kann man sagen, dass bei Handapplikation Viskositäten von ca. 80 bis 200 mPa*s (CB 2011, CB 2028, CB 2610) als angenehm eingestuft werden. Ausnahme sind hierbei schnelle Elastomerverklebungen, bei denen deutlich dünnere (ca. 10 bis 30 mPa*s) Produkte zum Einsatz kommen (CB 2006 und CB 2008), die einen relativ weichen Klebstofffilm ermöglichen. Treten leichte Spalte auf oder muss länger nachjustiert werden, sind Viskositäten von ca. 700 bis 2.000 sehr geeignet (CB 2077, CB 2150). Gelförmige (thixotropierte) Cyanacrylate erzielen bei porösen Materialien gute Eigenschaften oder wenn größere Spalte überbrückt werden müssen (CB 2999). Dabei sollte man ganz klar darauf hinweisen, dass die Überbrückung von Spalten über 0,2 mm für Cyanacrylate im industriellen Maßstab nicht geeignet ist (s. auch Kapitel 3.5). Der Einsatz von thixotropierten Produkten ist in der Serienfertigung nur bedingt möglich.

1.3 Festigkeiten

Cyanacrylate weisen hohe Adhäsionskräfte auf, d. h., es entsteht eine sehr gute Haftung zu dem zu verklebenden auch glatten Material. Insofern stellen Zug- wie Zugscherfestigkeit keine großen Probleme dar. Da der Klebstofffilm jedoch im Allgemeinen hart und nicht elastisch ist, sind Schälbelastungen zu vermeiden. Wird die bei einer Schälbelastung auftretende Verformungsenergie durch das zu verklebende Material aufgefangen (z.B. Gummi, weich-PVC usw.), ist eine Beanspruchung auch auf Schälung möglich. Es erfolgt in den meisten Fällen Materialbruch. Hierbei reicht es schon aus, wenn nur eines der zu verbindenden Werkstücke elastische Eigenschaften besitzt. Allerdings entwickelte Cyberbond mit der „xtraflex“ Linie, teilflexibilisierte Cyanacrylat Klebstoffe, die darüber hinaus auch sehr temperaturbeständig sind.

1.4 Eingefärbte bzw. fluoreszierende Cyanacrylate

Automatisierung und 100 %ige Auftragskontrollen mittels Überwachungskameras lassen es als sinnvoll erscheinen, fluoreszierende Cyanacrylate einzusetzen. Mit Cyberbond 1022 steht z.B. ein bewährtes Produkt für die Smartcard Industrie zur Verfügung. Es können aber selbstverständlich auch weitere Produkte angepasst werden.

Weiterhin können Cyanacrylate eingefärbt werden, um eine einfache, visuelle Applikationskontrolle zu erhalten. Beliebt ist hier eine blaue Einfärbung. Umgekehrt gibt es inzwischen aber auch Farbabstufungen, die die Klebstoffnaht zweier zusammengefügtter Bauteile optisch unsichtbar werden lassen. So bieten wir mit Cyberbond 1701 einen hautfarbenen Cyanacrylat an, der sich besonders in der medizinischen Geräteindustrie bewährt hat. Cyberbond ist für individuelle Anpassungen jederzeit bereit.

1.5 Die Systematik der Cyberbond Cyanacrylat Klebstoffe

Dieser Punkt wird umfassend im Kapitel III „Cyberbond Produkte“ beschrieben. Wir unterscheiden in folgende Serien:

- ▼ Powerdrop
- ▼ Elastomer und Kunststoff
- ▼ Neomer
- ▼ xtraflex
- ▼ Metall
- ▼ Geruchsarm
- ▼ Medizin

2 Basis-Monomere

Dieses Thema ist sehr wichtig, entscheidet es doch maßgeblich über den Erfolg einer Klebung.

Bei der Herstellung eines Cyanacrylats benötigt man als Ausgangslage zunächst einmal so genannten Cyanessigester. Da immer wieder eine Verbindung zum Präfix „Cyan...“ und damit „Blausäure“ hergestellt wird, sei an dieser Stelle angemerkt, dass Cyanessigester chemisch eine ganz andere Verbindungsgruppe darstellt und als nicht gesundheitsschädlich eingestuft ist.

Zum Cyanacrylat, also dem Klebstoff selbst, kommt man dann vereinfacht gesprochen über ein Crack- und Destillationsverfahren. Vor allen Dingen im Destillationsprozess wird über die spätere Qualität eines Produktes entschieden, denn die Ausbeute bzw. die Höhe der Reinheit haben einen erheblichen Einfluss auf die Gleichmäßigkeit, die Lagerstabilität, kurz die allgemeine Qualität eines Produktes. Kosten spielen hier natürlich auch eine wesentliche Rolle.

Ein so destilliertes Produkt nennen wir zunächst einmal „Monomer“. Dieses Monomer klebt und ist wasserdünn. In einem Formulierungsprozess müssen nun die gewünschten Eigenschaften wie Viskosität, Aushärtegeschwindigkeit etc. genau eingestellt werden. Hierzu werden dem Monomer Polymere (Feststoffe) und andere Chemikalien zugesetzt. Da es sich beim Monomer bereits um einen Reaktionsklebstoff handelt, muss man mit den Zutaten sehr vorsichtig sein, da es sonst zu einer unerwünschten Reaktion – also dem Aushärten des gesamten Klebstoffansatzes – kommen kann.

Die Art des Cyanessigesters (Ethyl-, Methylester etc.) als Ausgang bestimmt natürlich auch die Esterbasis des Cyanacrylats als Klebstoff. Ein wesentliches Unterscheidungskriterium der verschiedenen Basen ist dabei die sich im Aushärteprozess aufbauende Molekülkettenlänge.

2.1 Methylester (ME)

Das erste synthetisierte Cyanacrylatmonomer war der kurzkettige Cyanacrylsäuremethylester, $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CN}-\text{COO}-\text{CH}_3$, der heute aber immer mehr an Bedeutung verliert, weil ein ungünstiges Alterungsverhalten an modernen Elastomeren und Kunststoffen zu erwarten ist. Haupteinsatzgebiete sind traditionell die Metallklebverbindungen und Kombinationen mit Duroplasten, die üblicherweise als schwer verklebbar bezeichnet werden. Eine hohe Kurzzeittemperaturbelastung und die gute Chemikalienbeständigkeit sind Eigenschaften, die diesen Estertypen zugeschrieben werden können.

Da es aufgrund der spezifischen Eigenschaften von Cyanacrylaten nur selten zu einer reinen Metall/Metallverklebung kommt, bieten sich Ethylester als die häufig bessere Alternative an, zumal man durch weitere Modifikationen der Formulierung die Klebeigenschaften an Metallen extrem verbessern kann. Cyberbond hat eine Reihe von speziellen Ethylestern entwickelt, die sowohl sehr gute Festigkeiten an Metallen und natürlich an Kunststoffen und Elastomeren aufweisen, somit also für Mischklebungen besser geeignet sind als Methylester.

2.2 Ethylester (AE – Cyberbond 2000 Serie)

Die am meisten verwendeten Cyanacrylate $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CN}-\text{COO}-\text{CH}_2\text{CH}_3$ basieren auf dem Ethylester und zeichnen sich durch ein weites Anwendungsspektrum mit ausgezeichnetem Alterungs- und Festigkeitsverhalten an Kunststoffen und Elastomeren aus. In den letzten Jahren vollzog sich eine ständige Weiterentwicklung, die die Cyanacrylat Klebstoffe im Leistungsspektrum weiter steigen ließ. Insbesondere die verbesserte Temperaturbeständigkeit und die Möglichkeit bei der Polymerisation zunehmend flexible Klebstofffilme entstehen zu lassen, sind hier zu nennen. Die hieraus entwickelte xtraflex Serie (teilflexibel und hochtemperaturfest (bis 140°C)) sowie die weiteren Cyanacrylat Produkte finden deshalb großen Zuspruch in der Industrie.

2.3 Butylester (BE – Cyberbond 7000 Serie)

Kommen wir zu Butylestern, die schon seit vielen Jahren am Markt anzutreffen sind und die vor allem im medizinischen Sektor eingesetzt werden.



Auch aufgrund ihrer längerkettigen Struktur härten Butylester nicht so aggressiv und schnell aus wie z. B. Ethyl- oder Methylester, so dass es kaum zu einer exothermen Reaktion bei der Polymerisation kommt. Deshalb werden sie gern zum Hautkleben bei Mensch und Tier genommen. Cyberbond liefert medizinische Produkte aber nur als Rohstoff, nicht als Produkt für den Endverbraucher. Ein weiterer Vorteil der Butylester ist das spannungsrisssfreie Verkleben von empfindlichen Kunststoffen.

2.4 Alkoxyester (AOE – Cyberbond Serie 5000)

Sehr langkettige Moleküle bilden die so genannten Alkoxyester. Aufgrund dieser Eigenschaft sind sie als geruchsarm zu bezeichnen. Alkoxyester sind Produkte, die sich somit sehr angenehm verarbeiten lassen. Man muss allerdings geringere Festigkeiten einplanen als bei Verklebungen mit Ethylester und in puncto Aushärtgeschwindigkeit zeigt sich der Alkoxyester ebenfalls im Nachteil. Dennoch werden häufig ausreichend feste Klebungen erreicht $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CN}-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{R}_1$ bzw. 2
[$\text{R}_1 = -\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ (Ethoxyester) bzw. $\text{R}_2 = -\text{O}-\text{CH}_3$ (Methoxyester)]

Wie man an den zwei Formeln sieht, bildet Alkoxy den Oberbegriff für entweder Ethoxy- oder Methoxyester. Die Unterschiede in den Klebeeigenschaften dieser beiden Gruppen sind als marginal einzustufen. Cyberbond konzentriert sich ausschließlich auf den Ethoxyester.

Ein weiteres wichtiges Feld decken diese Klebstoffe ab. Cyanacrylate neigen zur weißen Belagsbildung, auch Blooming genannt. Überschüssiges Monomer fällt auf die zu verklebenden Teile zurück und hinterlässt weiße Spuren. Häufig kann man sogar die Fingerabdrücke des Anwenders erkennen. Mit der Cyberbond Serie 5000 lässt sich diese unangenehme Eigenschaft verhindern.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass diese Produktgruppe aus verschiedensten Gründen preislich deutlich über derjenigen der Standardethylester liegt, was mit den Beschaffungskosten des Rohesters und mit der geringeren Herstattausbeute im Vergleich zum Ethylester zusammenhängt.

3 Kriterien zur Optimalen Verklebung

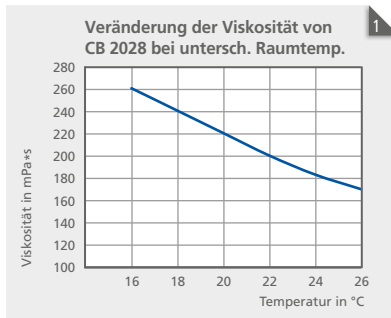
3.1 Luftfeuchtigkeit

Die Polymerisation bzw. Aushärtung von Cyanacrylat Klebstoffen wird durch die katalytische Wirkung der in der Luft und auf den Füge­teilen enthaltenen Feuchtigkeit eingeleitet. Je höher die relative Luftfeuchtigkeit (in einem Raum) ist, desto rascher wird die Härtung erfolgen. Die günstigsten atmosphärischen Voraussetzungen sind bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 bis 70 % gegeben.

Eine zu niedrige relative Luftfeuchtigkeit (< 30 %) kann zu erheblichen Aushärteverzögerungen führen, während bei zu hoher Luftfeuchtigkeit (> 80 %) eine Schockhärtung auftritt. Dies führt zu Schrumpferscheinungen des Klebstofffilms, was wiederum zu einem erheblichen Festigkeitsabfall im Alterungsverhalten beiträgt.

3.2 Umgebungstemperatur

Die Temperatur hat bei allen chemischen Reaktionen einen erheblichen Einfluss auf deren Geschwindigkeit. Als Faustregel kann gesagt werden, dass eine Temperaturerhöhung um 10 °C die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt. Dies gilt für Cyanacrylat Klebstoffe gleichermaßen. Als optimal ist bei diesen Klebstoffsystemen die Raumtemperaturhärtung bei 20 ° bis 24 °C anzusehen.



Die Veränderung der Viskosität bei unterschiedlichen Temperaturen ist natürlich ebenfalls zu berücksichtigen [Abb. 1]. Je niedriger die Raumtemperatur, desto mehr steigt die Viskosität an und vice versa. Dies kann bei kritischen Anwendungen von großer Bedeutung sein.

Cyberbond misst die Viskositäten und Abbindezeiten immer bei einer Raumtemperatur von 20 °C (s. auch Kapitel II 4).

3.3 Materialeinfluss

3.3.1 Metall/Metallklebung

Aufgrund ihrer Polarität sind Edelmetalle wie Gold, Platin und Silber mit Cyanacrylaten nur sehr schwierig zu verkleben. Alle unedlen Materialien sind hierfür grundsätzlich geeignet. Je unedler ein Metall ist (Eisen, Aluminium usw.), desto besser ist deren Verklebbarkeit. Aber es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass man mit Cyanacrylaten weniger reine Metall-/Metallverbindungen durchführt.

3.3.2 Kunststoff/Kunststoffklebung

Entscheidend bei der Kunststoffverklebung ist neben dem Ausgangspolymer die Polarität des Werkstoffes. Kunststoffen werden oft Additive beigemischt (z.B. Weichmacher), die eine ausreichende Verankerung des Klebstofffilms an der Kunststoffoberfläche verhindern können. Vorsicht ist bei der Auswahl von Formtrennmitteln geboten. Mit Siliconformtrennmitteln behandelte Kunststoffe lassen sich mit Cyanacrylaten nicht verkleben.

Bei den Kunststoffen, bei denen die Verklebbarkeit als nicht ausreichend bezeichnet wird, z.B. Polyethylen oder Polypropylen, kann durch Oberflächenbehandlung dennoch eine gute Verklebung erreicht werden. Hierzu eignet sich der Primer CB 9056 oder auch alternativ eine Corona- bzw. Plasmavorbehandlung der Kunststoffteile. Anbei eine Liste von häufig eingesetzten Duro- und Thermoplasten und deren Verklebbarkeit mit Cyanacrylat.

Duroplaste

Kürzel	chemische Bezeichnung	Handelsname	Verklebbarkeit	Anmerkung
EP	Epoxidharz		++-	
MF	Melamin-/Melamin Phenolharz		+++	
PF	Phenolformaldehydharz		++-	
UF	Harnstoffharz		+-	
UP	ungesättigtes Polyesterharz		+-	

+++ gut, ++ befriedigend, +- unbefriedigend, - - - nicht möglich

Thermoplaste

Kürzel	chemische Bezeichnung	Handelsname	Verklebbarkeit	Anmerkung
ABS	Acrylnitrilbutadienstyrol	Lustran, Novadur, Terluran	+ + -	
CA	Celluloseacetat	Cellolux	+ + -	
PA - PA 6 - PA 6.6 - PA 6.10, 6.12 - PA 11, PA 12	Polyamid	Ultramid, Vestamid, Zytel Perlon Nylon	+ + + + + + + + + + - -	
PBTP	Polybutylenterephthalat	Ultradur, Pocan, Vestodur	+ + -	
PC	Polycarbonat	Makrolon	+ + +	
PE	Polyethylen	Lupolen, Hostalen	- - -	mit Primer CB 9056 + + +
PP	Polypropylen	Novolen	- - -	mit Primer CB 9056 + + +
PMMA	Polymethylmethacrylat	Plexiglas, Altuglas	+ + -	Vorsicht vor Spannungsrissen
POM	Polyoxymethylen (Polyacetal)	Delrin, Hostaform	- - -	mit Primer CB 9056 + - -
PPE (PPO)	Polyphenylenether	Noril	+ - -	
PS	Polystyrol (Polystyren)	als Kunststoff: Vestyron geschäumt: Styropor, Depron	+ + + - - -	mit CB 5000er Serie + + -
PSU	Polysulfon		+ + -	Vorsicht vor Spannungsrissen
PTFE	Polytetrafluorethylen	Teflon	- - -	mit Primer CB 9056 + - -
PVC - hart PVC - weich PVC	Polyvinylchlorid	Hostalit, Vinidur	+ + - + + - + + -	
SAN	Styrolacrylnitril	Luran	+ + +	
TPU	Polyurethan	Vulkolan	+ + -	

+ + + gut, + + - befriedigend, + - - unbefriedigend, - - - nicht möglich

3.3.3 Elastomer/Elastomerverklebungen

Die Verklebung von Elastomeren bereitet i. d. R. keine großen Schwierigkeiten. Die Grundmaterialien sind aber für die zu erzielende Festigkeit sehr wichtig. Die Aushärtengeschwindigkeit wird dabei entscheidend von Zuschlägen in der jeweiligen Gummimischung beeinflusst. Gummiqualitäten auf Basis polarer Elastomere lassen sich leichter kleben als solche auf Basis unpolarer. Neben der Rohstoffbasis sind bei der Verklebung von Elastomeren zur Erreichung einer hohen Festigkeit und einer guten Alterung folgende Faktoren von Bedeutung:

- ▀ glatter, frischer Schnitt
- ▀ Bestandteile der Gummimischung wie
 - Vulkanisationsmittel (Schwefel, Peroxid), Beschleuniger (Zinkoxid),
 - Weichmacher (Alipathische Kohlenwasserstoffe), Alterungsschutzmittel (Amine)

Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich mit Cyberbond sehr gute Gummi/Gummi-Verklebungen herstellen lassen. Obwohl das Vulkanisieren nach wie vor die höchste Verbundfestigkeit aufweist, kann die Klebung mit Cyberbond ohne Energie und entsprechend schnell bewerkstelligt werden. Das Stumpf- und Gehrungsschnittkleben ist heute Stand der Technik. Damit langlebige Klebungen erzielt werden, sind einige wichtige Voraussetzungen zu erfüllen. Dazu zählen saubere Schnittflächen und einseitiger Klebstoffauftrag. Ein kurzzeitiger Kontaktdruck ermöglicht dem Klebstoff, eine optimal dünne Klebefuge auszubilden und beugt damit auch möglichen Verhärtungen im Klebebereich vor. Bei temperaturbelasteten Klebverbindungen spielt die verwendete Elastomermischung eine wesentliche Rolle. Wir empfehlen deshalb, einen Schnellalterungstest durchzuführen, der belegt, ob ausschwitzende Weichmacher, Alterungsschutzmittel, Wachse oder sonstige Gummiadditive die Klebungen ungünstig beeinflussen. Anbei eine Liste von häufig eingesetzten Elastomeren und deren Verklebbarkeit mit Cyanacrylat.

Elastomere

Kürzel	chemische Bezeichnung	Handelsname	Verklebbarkeit	Anmerkung
ACM	Polyacryl Kautschuk	Hycar	++ -	
ECO	Epichlorhydrin Kautschuk	Hydrin, Herchlor	+ - -	
CIIR	Chlorbutyl Kautschuk	-	+++	
CR	Chloropren Kautschuk	Neopren	+++	
CSM	Chlorsulfonierter Kautschuk	Hypalon, Baypren	++ -	
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk	Vistalon, Buna AP	+++	
FPM	Fluor Kautschuk	Viton	++ -	
IIR	Isobutylen-Isopren Kautschuk	Polysar-Butyl	+++	
NBR	Nitril Kautschuk	Buna NB	+ - -	mit Sonderprodukt CB 2010 + + -
NR	Natur Kautschuk	SMR	+++	
SBR	Styrolbutadien Kautschuk	Buna SB	+++	
SI	Silikon Kautschuk	Silopren	---	
TPE	Thermo-plastische Elastomere	Santopren	---	mit Primer CB 9056 + - -

+++ gut, ++ befriedigend, + - - unbefriedigend, --- nicht möglich

3.3.4 Verbindung unterschiedlicher Materialien

Selbstverständlich lassen sich Materialien wie Metalle, Kunststoffe und Elastomere nicht nur untereinander verkleben. Ein häufig vorkommender Anwendungsfall wird immer die Verbindung von zwei unterschiedlichen Werkstoffen sein. Demzufolge sind auch beide zu verklebenden Materialien zu berücksichtigen.

Neben Kunststoffen, Elastomeren und Metallen, den in der Industrie wohl wichtigsten Werkstoffen, lässt sich auch eine Vielzahl von porösen Materialien wie Holz, Kork, Leder, Keramik usw. verkleben. Hierfür sollte man aber auf Produkte aus der Neomer Serie zurückgreifen, wobei auch die Viskosität bzw. Thixotropie eines Produktes entscheidende Vorteile bringen kann (s. auch Kapitel II 4 und Kapitel IV B 2).

3.4 Oberflächenzustand

3.4.1 Saubere Oberflächen

Der Oberflächenzustand der zusammenzufügenden Teile gilt bei allen Klebstoffen als ein wichtiges Kriterium für deren Verklebbarkeit. Da Cyanacrylate auch an glatten Oberflächen hohe Adhäsionskräfte entwickeln, stellt weniger die Rauigkeit als vielmehr die Reinheit ein wichtiges Kriterium dar. Es ist also erstrebenswert, möglichst reine Oberflächen herzustellen. Die bekannten Verfahren sind:

- ▼ Sandstrahlen
- ▼ Chemische Vorbehandlung (Ätzen)
- ▼ Aufrauen mit Schmirgelpapier
- ▼ Dampffentfetten
- ▼ Waschen
- ▼ Reinigen (z. B. Cyberbond 9999)

Da keine allgemeingültige Aussage zur Effektivität der genannten Vorbehandlungen gemacht werden kann, sollte die zu wählende Methode auf den Einsatzfall abgestimmt werden.

3.4.2 pH-Wert einer Oberfläche

Speziell für Cyanacrylat Klebstoff ist der pH-Wert der Oberfläche entscheidend für das Gesamtergebnis. Saure Oberflächen verzögern die Aushärtung, alkalische Oberflächen beschleunigen sie und führen ggf. zu sehr kurzen Kettenlängen im auspolymerisierten Klebstoff und zu Spannungen desselben, was die Klebkraft negativ beeinträchtigen kann. Dies ist auch der Grund, warum Cyanacrylate für die Verklebung von Glas ungeeignet sind. Glas weist einen sehr hohen pH-Wert auf. Folglich härtet der Cyanacrylat extrem schnell aus (Schockpolymerisation) was letztendlich zur Schrumpfung des Klebstofffilms führt und die Glasteile wieder auseinanderfallen lässt (nach wenigen Wochen). Speziell adaptierte und modifizierte Produkte können allerdings zur Lösung von derartigen Verbindungsproblemen positiv beitragen.

3.4.3 Oberflächenspannung

Bei der Oberflächenspannung des zu verklebenden Substrats geht es darum, wie die gegebene Fläche mit einer Flüssigkeit bzw. dem Klebstoff benetzt werden kann. Gemessen wird die Oberflächenspannung in mN/m (Millinewton/Meter (früher dyn/cm)).

Anbei eine Tabelle mit der Oberflächenspannung einiger Kunststoffe:

Medium	mN/m
Cyanacrylat	34,0
PTFE	19,1
PP	31,2
PE HD	35,1
PETP	41,3
PS	42,0
POM	42,1
PVC	45,2
PA 6	47,5
Metall	1.000 – 5.000

Unpolare Werkstoffe wie PE, PP oder PTFE lassen Flüssigkeiten – und somit auch einen Cyanacrylat Klebstoff – vereinfacht gesagt abperlen. Auf polaren Oberflächen verteilt sich die Flüssigkeit gleichmäßig.

Aber nicht nur das Füge teil hat eine Oberflächenspannung, der Klebstoff selbst – wie jede andere Flüssigkeit – auch. Ein Cyanacrylat Klebstoff erreicht eine Oberflächenspannung von ca. 34 mN/m. Zu beachten ist, dass die zu verklebende Oberfläche eines Werkstoffs einen höheren mN/m Wert erreichen sollte als der Klebstoff, um gut benetzt werden zu können.

Nun wird deutlich, warum sich z.B. PTFE mit einem Wert von nur 19,0 mN/m ohne Vorbehandlung nicht mit Cyanacrylat (34 mN/m) verkleben lässt. Als Vorbehandlung dient entweder der Einsatz eines Primers wie CB 9056 oder ein Corona- bzw. Plasmabehandlung.

3.5 Klebstoffschichtstärke

Die Klebstoffschichtstärke ist in zweierlei Hinsicht wichtig. Zum einen bestimmt sie die Aushärtengeschwindigkeit. Je dünner der Klebstoff aufgetragen wird, desto schneller vollzieht sich die Polymerisation. Zum anderen hängt die Endfestigkeit von der Schichtstärke ab. Bessere Ergebnisse erreicht man bei einer dünneren Klebstoffschicht. Je stärker die Schichtstärke, desto mehr steht die Kohäsionskraft, d. h. die innere Festigkeit des Klebstoffes, im Vordergrund. Die Adhäsion verliert relativ an Bedeutung. Die Schichtdicke von Cyanacrylaten sollte 0,2 mm nicht übersteigen. Zum Überbrücken größerer Toleranzen sollte auf hochviskose oder thixotrope Cyanacrylate zurückgegriffen werden. Eventuell muss ein Aktivator wie z.B.: CB 9090 zur Hilfe genommen werden.

Die Klebstoffschichtstärke steht in einem engen Zusammenhang mit der Viskosität eines Produktes. Sollen zwei Fügeteile exakt ohne größeren Abstand (gemessen im μ -Bereich) miteinander verbunden werden, so sorgen niedrigviskose, d. h. sehr flüssige Klebstoffe, nicht nur für die nötige Festigkeit, sondern erlauben ebenso die Minimierung der Abstandshaltung (z. B. CB 2008). Dies wäre mit 2-K-Klebstoffen bzw. hochviskosen einkomponentigen Produkten nicht möglich.

3.6 Fügeflächengröße

Cyanacrylat Klebstoffe sind aufgrund der schnellen Aushärtung besonders bei einer Fügeflächengröße bis zu einigen Quadratzentimetern geeignet. Der Klebstoffhersteller kann nur in einem sehr engen Rahmen die Schnelligkeit der Polymerisation beeinflussen (schnell-, normal-, langsamhärtend). Dennoch werden gerade in letzter Zeit immer mehr Versuche durchgeführt, Cyanacrylate auch bei etwas größeren Flächen einzusetzen. Es muss bei den Fügeflächen allerdings immer darauf geachtet werden, dass sie plan sind und exakt aufeinander passen. Ansonsten kann der relativ dünne Klebstofffilm die Spalte nicht überbrücken.

3.7 Der zusätzliche Gebrauch des Beiprogramms

(s. auch Kapitel VII)

Um optimale Aushärtung zu erreichen, bietet Cyberbond ein Beiprogramm an, das aus folgenden Produkten besteht:

- ▼ **Cyberbond 9090 oder 9096 Aktivator** beschleunigt die Aushärtung von Cyanacrylat Klebstoffen.
- ▼ **Cyberbond 9056 Primer** ermöglicht, unpolare Kunststoffe wie z. B. Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polyoxymethylen (POM) sowie moderne thermoplastische Elastomere (TPE) mit Cyberbond Cyanacrylat Klebstoffen zu verbinden.
- ▼ **Cyberbond 9060** löst und entfernt Cyanacrylat Klebstoff. CB 9060 ist besonders zum Reinigen von LINOP Dosiergeräten geeignet.
- ▼ **Cyberbond Conditioner** ist eine Art Filzstift, mit dessen Hilfe man Oberflächen primern und gleichzeitig aktivieren kann.



4 Verarbeitungsmöglichkeiten

4.1 Manuelle Verarbeitung (weiche Flaschen und Nadelverschluss)

(s. auch Kapitel III 5)

Cyanacrylate – ob hoch- oder niedrigviskos – lassen sich manuell gut verarbeiten. Besonders hat sich die weiche Cyberbond LINOP Rundflasche bewährt. Diese Flasche liegt nicht nur optimal in der Hand, sondern sie zeichnet sich durch den Einsatz neuer Materialien darüber hinaus durch ihre hervorragende Drückbarkeit aus. Die gute Lagerstabilität wird dabei nicht negativ beeinträchtigt.



Der neue Nadelverschluss ist so elegant gefertigt, dass das Applizieren von besonders niedrig- und mittelviskosen Produkten äußerst akkurat vollzogen werden kann. In speziellen Fällen mögen dennoch Dosierspitzen hilfreich sein.

4.2 Automatische Dosierung (LINOP)

(s. auch Kapitel VIII)

LINOP Dosier- und Auftragsgeräte werden im Baukastensystem angeboten, so dass man jedem Kundenwunsch gerecht wird. Cyberbond Geräte können dabei als einfache Tischeinheiten für Einzelarbeitsplätze zum Einsatz kommen oder aber in eine SPS gesteuerte Produktionsanlage integriert werden. Weitere Informationen unter www.cyberbond.eu.



5 Rationalisierungsmaßnahmen

Obwohl Cyanacrylat Klebstoffe im Vergleich zu anderen Verbindungstechniken im ersten Augenblick relativ teuer erscheinen, lassen sich mit ihnen erhebliche Rationalisierungsmaßnahmen erreichen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Klebstoffen genügen einige Tropfen Cyanacrylat, um eine zuverlässige Verbindung zu erreichen (aus 1g Cyanacrylat Klebstoff erhält man je nach Viskosität bis zu 80 Tropfen).

- ▼ Cyanacrylate sind einkomponentig, d.h. ein aufwendiges Mischen entfällt,
- ▼ Cyanacrylate reagieren in Sekunden, ohne dass irgendeine Energie (Wärme, starker Druck usw.) zugeführt werden muss,
- ▼ Cyanacrylate sind lösemittelfrei, d.h. sie bestehen zu 100 % aus Klebstoff (Lösemittel Klebstoffe haben einen Anteil an Lösemitteln von bis zu 80 %, die nicht zum Verkleben zur Verfügung stehen und zusätzlich die Umwelt belasten.),
- ▼ Cyanacrylate sind besonders im Vergleich zu 2-komponentigen Klebstoffen sehr niedrig viskos (flüssig) und damit sehr ergiebig,
- ▼ aufgrund der schnellen Reaktion sind die zusammengefügte Teile sofort weiter zu verarbeiten, d.h. Pufferstationen können reduziert werden
- ▼ es können die unterschiedlichsten Materialien schnell, sauber und sicher zusammengefügt werden,
- ▼ fluoreszierende oder farblich abgestimmte Cyanacrylate lassen sich optisch leicht detektieren und erhöhen die Prozesssicherheit
- ▼ Cyanacrylate können als Fixierhilfe eingesetzt werden und helfen so, Zeit zu sparen und ermöglichen teilweise erst die Montage,
- ▼ ein thixotrop eingestellter Cyanacrylat erleichtert das Zusammenfügen senkrecht stehender Fügeteile, da dieser Klebstoff nicht an der Fläche abläuft,
- ▼ Cyanacrylate sind durch Dosierhilfen sparsam und einfach zu applizieren,
- ▼ Optional einzusetzende Dosiertechnik ist relativ preiswert und energieeffizient,
- ▼ Cyanacrylate können als Reparaturklebstoffe eingesetzt werden und vermindern so den Ausschuss (z. B. bei Gummiformteilen),
- ▼ Cyanacrylate können einfach gelagert und weltweit ohne Auflagen transportiert werden, da sie lösemittelfrei sind und kein Gefahrgut im Sinne der Transportvorschriften darstellen.

6 Einsatzgebiete

Die spezifischen Eigenschaften der Cyanacrylate zeigen, dass diese Klebstoffe besonders für das Verbinden kleiner, gut anliegender Flächen geeignet sind. Es ist schwer zu beschreiben, wo Cyanacrylate genau eingesetzt werden. Es gibt kaum einen Industriebetrieb, in dem sie nicht zu finden sind. Man sieht sie aber besonders in der Serienfertigung der Elektro-, Elektronikindustrie, der medizinischen Einmalgeräte Fertigung, in der Mess- und Regeltechnik sowie in der feinmechanischen Industrie. Ebenso haben die kunststoff- und gummiverarbeitende Industrie sowie die optische Industrie die Vorzüge dieser Klebstoffe schätzen gelernt.

Die guten Eigenschaften der Cyanacrylate sind des Weiteren von anderen Industriezweigen erkannt worden. Im Metall- und Werkzeugbau, als Elektrodenklebstoff in Betriebswerkstätten und Schlossereien. Ebenso für die Fertigung der verschiedensten Teile als Montagehilfe, für die Verklebung von Gummiprofilen und Rollringen und stark beanspruchten Gummi-/Metall-Bindungen, im Maschinen- und Apparatebau sowie besonders in der Automobil-, Automobilzulieferer-, Schiffs- und Flugzeugindustrie.

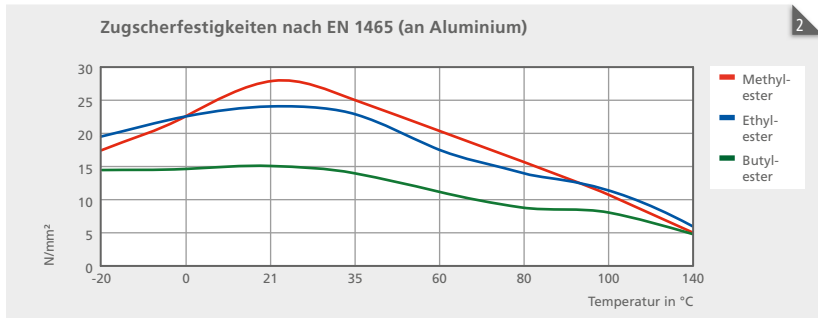
Die Vielzahl der Einsatzgebiete der Cyanacrylate, die Rationalisierungsmöglichkeiten beim Einsatz dieser Klebstoffe sowie die große Angebotspalette dieser Produkte sind Gründe dafür, dass Cyanacrylate als eine Art der Verbindungstechnik nicht mehr wegzudenken sind. Dennoch sollte jeder Anwender sich über die spezifischen Eigenschaften bewusst sein, denn als „Alleskleber“ ist ein Cyanacrylat genau so wenig zu betrachten wie jeder andere Klebstoff auch.

7 Eigenschaften

7.1 Temperaturverhalten

Cyanacrylate sind im ausgehärteten Zustand als thermoplastische Kunststoffe zu bezeichnen und sind demzufolge einer Festigkeitsabnahme bei Temperaturerhöhung unterworfen. Dieser Vorgang ist reversibel, d.h., nach Abkühlen werden die Ausgangswerte wieder nahezu erreicht. Im kalten Zustand wird der Klebstoff dagegen spröde.

Das nachfolgende Diagramm [Abb. 2] zeigt die Festigkeiten bei erhöhter Temperatur an Aluminiumprüfstreifen:



Wie an diesem Diagramm ersichtlich, hat der entsprechende Cyanacrylsäureester Einfluss auf die Festigkeit bei Raumtemperatur und den thermischen Abbau bei temperaturbelasteten Verbindungen. Dieser Test stellt eine kurzzeitige Temperaturbelastung an metallischen Oberflächen dar. Der Methyl-ester schneidet bei diesem Test offensichtlich am besten ab. Es sei aber noch einmal daraufhingewiesen, dass es im Bereich Cyanacrylat Klebungen sehr selten zu reinen Metallanwendungen kommt. Bei Mischklebungen wird der Ethylester immer eine bessere Performance zeigen.

Allgemein lässt sich sagen, dass Cyanacrylat eine ausreichende Haftfähigkeit bei Metall-/Metallklebungen im Temperaturbereich von -30 °C bis $+100\text{ °C}$ liefert. Kurzfristiges Überschreiten schadet dabei nicht. Maximale Festigkeitswerte zeigen sich bei einer Temperatur von 15 °C bis 30 °C . Zuverlässige Kunststoff- und Elastomer-Verbindungen zeigen sich übrigens im Temperaturbereich von -30 °C bis $+70\text{ °C}$.

Temperaturen außerhalb dieses Bereichs lassen sich je nach Eignung mit dem Originalmaterial realisieren. Wir möchten an dieser Stelle besonders auf die Cyberbond xtraflex Serie verweisen (s. auch Kapitel IV B 1).

7.2 Lösungsmiteleinfluss

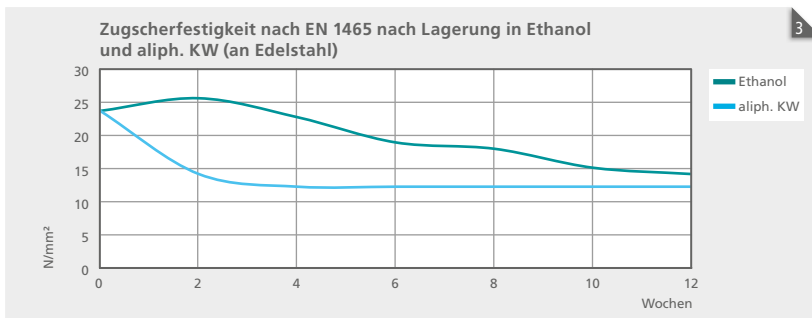
Unter Chemikalienresistenz versteht man die Beständigkeit des Klebstofffilms gegenüber flüssigen Chemikalien. Es empfiehlt sich sowohl eine physikalische wie eine chemische Betrachtungsweise.

Physikalisch gesehen spielt die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit eine Rolle. Hierunter versteht man die Fähigkeit einer Flüssigkeit, einen Festkörper zu benetzen (s. auch Kapitel IV A 3.4.3). Hat das Lösemittel eine niedrige Oberflächenenergie (gemessen in mN/m) verteilt es sich über die gesamte Fläche und kann so die Klebstoffschicht unterwandern. Bei hoher Oberflächenspannung neigt die Flüssigkeit dazu, sich mehr zusammenzuziehen und weniger zu verteilen. Hier besteht eine geringere Gefahr der Unterwanderung.

Medium	mN/m
n-Pentan	16,0
n-Hexan	18,4
Ethanol	22,5
Methanol	22,6
Aceton	23,3
Benzol	28,9
Ethylenglycol	48,4
Glycerin	63,4
Wasser (20 °C)	72,7
Quecksilber (20 °C)	476,0

Cyanacrylate sind dabei grundsätzlich resistent gegenüber Wasser. Die Unterwanderungsgefahr von Wasser muss man natürlich in Betracht ziehen. Allerdings gilt dies mehr bei Metallverbindungen, da hier Korrosion entsteht und dadurch die Klebstoffschicht unterwandert wird. Bei Kunststoff- oder Gummiverklebungen gibt es dagegen kaum Probleme.

Chemisch geht es um die Aggressivität eines Lösemittels. Dabei sind die Konzentration und die Säure-Laugen-Charakteristik von entscheidender Bedeutung und auch wichtiger einzuschätzen als die Oberflächenspannung. Nachfolgend der Festigkeitsverlauf an Edelstahlverbindungen mit Cyberbond 2028 [Abb. 3].



Anbei ein Versuch, die gängigsten Lösemittel zu gruppieren und die Beständigkeit von Cyanacrylat gegenüber diesen Medien zu dokumentieren.

Lösemittel		
Typ	chemische Bezeichnung	Beständigkeit Cyanacrylat
Alkohol	Ethanol, Methanol, Isopropanol bzw. Isopropyl Alcohol	+++
Ester (aromatische)	Ethylacetat (Essigsäure)	---
Ketone (aromatische)	Aceton, Benzophenon	---
aliphatische Kohlenwasserstoffe (Alkane)	Benzin, Heptan, Hexan	++-
aromatische Kohlenwasserstoffe	Benzol, Toluol, Xylol	++-
halogenierte Kohlenwasserstoffe	Methylenchlorid, Chloroform, Chlorbenzol	---
schwache wässrige Säuren	Salpeter-, Salz-, Schwefel-, Phosphorsäure	+++ --- (konzentrierte Säuren)
schwache wässrige Laugen	Natron-, Kalilauge	+++ --- (konzentrierte Laugen)

+++ gut, ++- befriedigend, +- unbefriedigend, --- nicht möglich

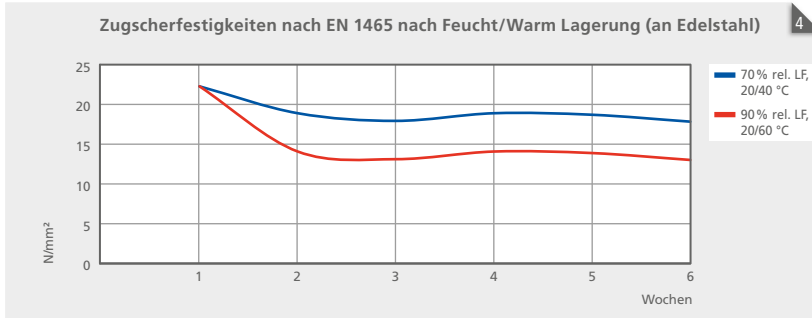
Die Lösungsmittel Aceton und Ethylacetat beschädigen jede Klebstoffschicht innerhalb weniger Tage, so dass auf eine Verklebung von Teilen, die mit diesen Flüssigkeiten in Berührung kommen, unbedingt zu verzichten ist. Auch andere Lösungsmittel wie halogenierter Kohlenwasserstoff oder aromatische Ester und Ketone, sowie konzentrierte Säuren und Laugen greifen die Polymere an und führen je nach Einwirkzeit zum Lösen der Klebverbindungen. Längerkettige und weich elastische Cyberbond Produkte sind aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung weniger lösungsmittelresistent als die Standard Ethylester.

Sauberes Arbeiten, eine dünne Klebstoffschichtstärke sowie ggf. ein Schutzanstrich sind unverzichtbare Voraussetzungen zur Verhinderung von Unterwanderung durch Flüssigkeiten. Nicht unerwähnt bleiben darf der konstruktive Einfluss bei der Langzeitbetrachtung von chemikalienbelasteten Klebverbindungen.

7.3 Beständigkeit nach Feucht/Warm Lagerung

Bei gleichzeitigem Einwirken von erhöhter Luftfeuchtigkeit und Wärme auf die Klebverbindungen kann durch den Angriff der Feuchtigkeit ein Festigkeitsabfall eintreten, wobei der Polymerfilm unterwandert wird. Beste Voraussetzungen um die Langzeitbeständigkeiten zu verbessern, sind optimale Oberflächenzustände, plane Füge-teile und möglichst gleichmäßige Klebefilme bei geringstem Fügespalt. Bei hohen Anforderungen ist es ratsam, die Klebverbindungen nachträglich mit einem geeigneten Schutzanstrich zu versehen.

Wie viele andere Kunststoffe, kann auch das Cyanacrylatpolymer über die Zeit eine geringe Menge Wasser aufnehmen. Stark festigkeitsmindernd ist diese Tatsache, wie man an dem nachfolgenden Diagramm erkennen kann, nicht [Abb. 4]. Auch bei dieser Belastungsart sind die konstruktiven Einflüsse und auch die Oberflächenchemie der Werkstoffe nicht ohne Einfluss.



7.4 Beständigkeit nach Klimabelastung/ Ausdehnungsverhalten

Kommt zu der eigentlichen Feuchtigkeitseinwirkung die Klimabelastung durch Temperaturwechsel und damit verbundenen unterschiedlichen Ausdehnungsverhalten der beteiligten Werkstoffe, verschiebt sich die maximale Belastungsgrenze je nach Materialpaarung in die eine oder andere Richtung. Um diese zusätzlichen mechanischen Belastungen zu kompensieren, sind nur teilflexibilisierte Produkte von Wichtigkeit. Wir verweisen auf das Kapitel IV B 1 (Cyberbond xtraflex Serie).

7.5 Alterung

Der Alterungsprozess von Kunststoffen und damit auch von Cyberbond geklebten Verbindungen, ist einer Vielzahl von Faktoren unterworfen. Die Komplexität macht die Aussage zu Langzeitverhalten und Alterung fast unmöglich. Um dennoch qualitative Aussagen tätigen zu können, haben sich im Labor und in der Praxis Alterungstests etabliert. Man versucht, über die Temperung bei erhöhter Temperatur sowohl den chemischen Einfluss von Additiven bzw. Oberflächenchemikalien als auch den physikalischen Spannungsabbau in einer Art Zeitraffer effekt zu ermitteln. Dabei muss man darauf achten, nicht den Klebstoff zu schädigen, da dies einer Belastungsprüfung gleich käme und zu keiner Alterungsaussage führen würde.

8 Verarbeitungshinweise und Gefahrenpotential

8.1 Verarbeitung, Lagerung, Entsorgung von Cyanacrylaten

Der Einsatz von Cyberbond setzt verhältnismäßig kleine und plane Füge­teile voraus. Durch leichten Druck auf die gefügten Teile wird ein dünner Cyberbond Klebfilm erzielt, und die Aushärtung innerhalb weniger Sekunden bis Minuten erreicht. Basische Materialien beschleunigen die Polymerisation, so dass ein Nachrücken der Füge­teile unter Umständen nicht möglich ist. Man sollte allgemein darauf achten, den Polymerisationsablauf nicht zu stören, da dies mit einer verminderten Klebkraft einhergeht. Sauer reagierende Werkstoffoberflächen können ein Aushärten der Cyberbond Klebstoffe nicht nur verzögern, sondern auch verhindern.

Ungeöffnete Flaschen sollte man kühl lagern, am besten im Kühlschrank, nicht aber einfrieren und auch nicht neben anderen Klebstoffen wie Anaeroben-, UV-Klebstoffen, 2-komponenten Klebstoffen etc. lagern, da Amine aus diesen Klebstoffen entweichen und den Cyanacrylat schädigen könnten.

Ist die Flasche geöffnet, sollte man Sie nach Gebrauch wieder verschließen und bei Raumtemperatur aufbewahren (ca. 20 °C). Ein erneutes Zurückstellen in den Kühlschrank würde aufgrund von Kondenswasserbildung beim nächsten Herausnehmen eher schaden. Der Klebstoff ändert über die Zeit (einige Wochen bis Monate) seine Viskosität, d.h., er zieht an. Das kann natürlich zu Problemen führen, die Festigkeiten sollten aber noch ausreichend sein. Im Zweifelsfall Ware entsorgen. Ernsthafte Probleme gibt es erst dann, wenn der Klebstoff Fäden zieht. Dann spätestens sollte man ihn unbedingt austauschen.

Ausgehärteter CA ist ein Thermoplast und kann entweder im Kunststoffmüll oder im Hausmüll entsorgt werden. Flüssiger Klebstoff sowie Flaschen mit noch flüssigem Klebstoff gehören in den Sondermüll. Auf jeden Fall sollten regionale Vorschriften beachtet werden.

8.2 Gefahrenpotential von Cyanacrylaten

8.2.1 Zusammensetzung der Klebstoffe

Cyanacrylate sind schnellhärtende, einkomponentige und lösungsmittelfreie Klebstoffe. Diese Klebstoffe basieren auf Estern der α -Cyanacrylsäure, denen Verdickungsmittel bzw. Filmbildner (polymere Methacrylate und Acrylate) und Stabilisatoren zugesetzt sind. Die Aushärtung (Polymerisation) wird durch Luftfeuchtigkeit und/oder durch alkalisch reagierenden Substanzen (Aktivator) eingeleitet.

8.2.2 Schleimhautreizungen

Es ist allgemein bekannt, dass besonders ethyl- bzw. methylesterbasierende Cyanacrylate schleimhautreizend wirken können. Folgende Symptome können dabei beobachtet werden:

- ▼ Augen werden gereizt, es kommt zu einer starken Rötung und zu vermehrter Tränenflüssigkeitsabsonderung.
- ▼ Nasenschleimhautreizungen sind festzustellen, zusätzlich können größere Schleimabsonderung und Juckreiz auftreten.
- ▼ Reizungen im Rachenraum werden als Kratzen im Hals wahrgenommen.

Diese Reizerscheinungen treten von Person zu Person unterschiedlich stark auf, ähnlich einer Allergie. Es sind bisher keine langfristigen Gesundheitsschäden beim industriellen Einsatz von Cyberbond Cyanacrylaten bekannt. Dennoch empfehlen wir, empfindlich reagierende Personen nicht über einen längeren Zeitraum mit diesen Klebstoffsystemen arbeiten zu lassen.

Werden die längerkettigen alkoxyesterbasierenden Cyanacrylate eingesetzt – besser bekannt als geruchsarme Cyanacrylate (CB 5000er Serie) – können Schleimhautreizungen vermieden werden (s. auch Kapitel IV A 2.4).

8.2.3 Unbeabsichtigtes Benetzen der Haut oder Augen

Ein Benetzen der Finger mit Cyanacrylat führt lediglich zu einer raschen Aushärtung des Klebstoffs auf der Haut. Mit warmem Wasser, Seife und Bimsstein können die Hände wieder gesäubert werden. Anschließend ist ein Einreiben mit einer Fettcreme empfehlenswert.

Sollte ein Spritzer Cyanacrylat ins Auge gelangen, werden diese durch die Tränenflüssigkeit schockartig ausgehärtet. Bei dieser exothermen Reaktion wird Wärme frei, die die Hornhaut des Auges leicht angreift. Dadurch tritt in den ersten Minuten ein leichter, stechender Schmerz auf. Das Auge muss sofort mit Augenspülflüssigkeit gespült werden und anschließend mit einer entzündungshemmenden Emulsionsalbe behandelt werden. Es ist auf jeden Fall ein Augenarzt aufzusuchen. Aufgrund bisheriger Erfahrungen regeneriert sich die Hornhaut in wenigen Tagen. Es treten keine ernsthaften Sehstörungen bzw. Augenschäden auf.

8.2.4 Vorsichtsmaßnahmen

- ▼ für gute Belüftung des Arbeitsraums sorgen,
- ▼ geeignete Absaugvorrichtungen im Bereich der Arbeitsplätze installieren,
- ▼ sparsame Dosierung des Produktes gegebenenfalls über Dosiertechnik (s. Kapitel VIII LINOP-Programm)
- ▼ gleichmäßige relative Luftfeuchtigkeit von 50 – 65 % gewähren; niedrigere Werte verzögern die Polymerisation des Klebstoffes, so dass der monomere Klebstoffdampf verstärkt auftritt.

- ▼ Klebstoff darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
- ▼ Unabsichtlich aus Flaschen ausgelaufenes Cyanacrylat ist mit wenig reaktivem, saugfähigem Material (z. B. feuchter Sand) zu binden. Vorsicht vor exothermer Reaktion (Temperatur von bis zu 150 °C) und extremen Dämpfen. Mit Atemschutz arbeiten.

8.2.5 Bedeutung des Sicherheitsdatenblatts Cyanacrylat (s. auch Kapitel II 8.2)

Als Grundlage für das Gefährdungspotential eines Produktes dient grundsätzlich das EU Sicherheitsdatenblatt. Wir möchten an dieser Stelle noch einmal darauf hinweisen, dass sich die Kennzeichnung von Chemikalien voraussichtlich ab dem Jahr 2011 ändern wird. Für eine Übergangszeit behalten die hier aufgeführten Kennzeichnungen aber ihre Gültigkeit.

8.2.5.1 Kennzeichnung Ethylester

▼ Ethylester in Verpackungen > 125 ml

Dies alles muss auf einem Etikett stehen, wenn das Gebinde Cyanacrylat Klebstoff von mehr als 125 ml enthält.



Xi Reizend

R 36/37/38 Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut.
 S 23.3 Dampf nicht einatmen.
 S 24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
 S 26 Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren.
 S 51 Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden.
 Cyanacrylat! Gefahr! Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen.
 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

▼ Ethylester in Verpackungen < 125 ml

Da häufig kleinere Gebinde zur Anwendung kommen und diese nicht den nötigen Platz zur Etikettierung gewähren, reicht in diesen Fällen folgende Beschriftung aus:



Xi Reizend

Cyanacrylat! Gefahr! Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen.
 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

8.2.5.2 Kennzeichnung Butyl- und Alkoxyester

Hierbei handelt es sich um längerkettige, weniger aggressive Produkte. Dort reicht zur Etikettierung:

Cyanacrylat! Gefahr! Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen.
 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

Es ist kein Gefahrensymbol nötig.

B Spezielle Cyanacrylate

1 Cyberbond xtraflex Serie

teilflexibilisierte Cyanacrylate

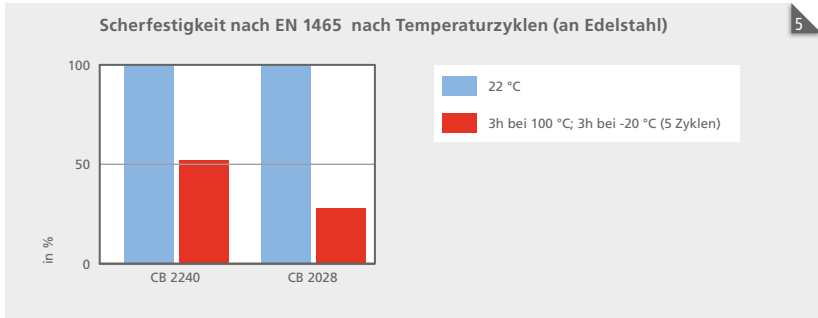
(CB 2240, CB 2241, CB 2242, CB 2243, CB 2245)

Die fortschreitende Miniaturisierung der Klebstellen insbesondere in der Elektronikbranche führen zu einer prozentualen höheren Belastung der Klebstoffe in den Fügebereichen. Wurden noch vor Jahren die Cyanacrylat Klebstoffe mit ihren hohen statischen Festigkeiten von durchschnittlich 22 bis 25 N/mm² in vielen Bereichen nur für Hilfsklebungen eingesetzt und somit weitgehend unterfordert, werden bei den heutigen kleinen Klebeflächen maximale Festigkeiten erwartet.

Man sollte sich aufgrund der hohen statischen Werte allerdings nicht dazu verleiten lassen, auf entsprechende Labortests zu verzichten.

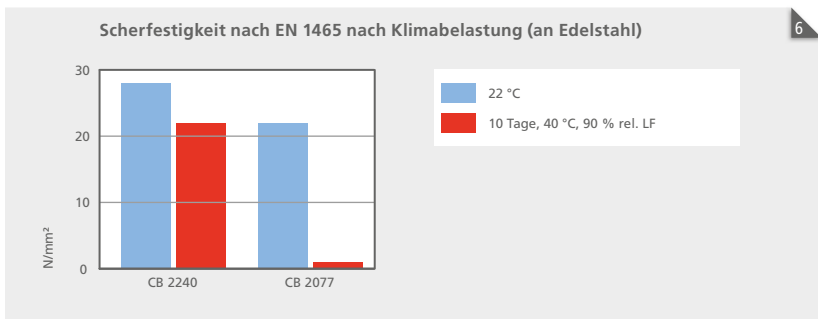
Cyberbond hat in den letzten Jahren mit der xtraflex Serie teilflexibilisierte Produkte entwickelt, die anwendungstechnisch zwischen den sprödharten, niedrigviskosen Standardprodukten und den hochviskosen und/oder thixotropierten und zumeist langsam aushärtenden Cyanacrylaten liegen. Insbesondere bei dynamischen Belastungen, wie Wechseltemperaturbeanspruchungen, unterschiedlichen Ausdehnungsverhalten der Fügepartner, sowie Feuchtigkeitseinfluss versagten in der Vergangenheit Standard Cyanacrylate. Cyberbond xtraflex Cyanacrylate überstehen dagegen diese dynamischen Belastungen.

Eine Anwendung, die alterungstechnisch immer wieder Probleme bereiten kann, ist die Metall-/Gummiverklebung. Obwohl ein Teil der Belastung durch das weiche Substrat „Gummi“ aufgenommen werden kann, waren durch die oftmals unberücksichtigten Ausdehnungsverhältnisse der Substrate, inklusive der einige 100µ starken Klebstoffschicht Löseerscheinungen zu verzeichnen. Noch wichtiger wird diese Thematik natürlich, wenn starre Fügepartner verklebt werden müssen.



Das Diagramm [Abb. 5] verdeutlicht die geringere Abnahme der Festigkeit nach fünf Zyklen von 100 °C und -20 °C im dreistündigem Wechsel mit dem teilflexibilisierten Produkt CB 2240, welches noch eine Restfestigkeit von 52 % zeigt, während ein Standard ethylesterbasierender Cyanacrylat Klebstoff (CB 2028) nur noch 28 % aufweist.

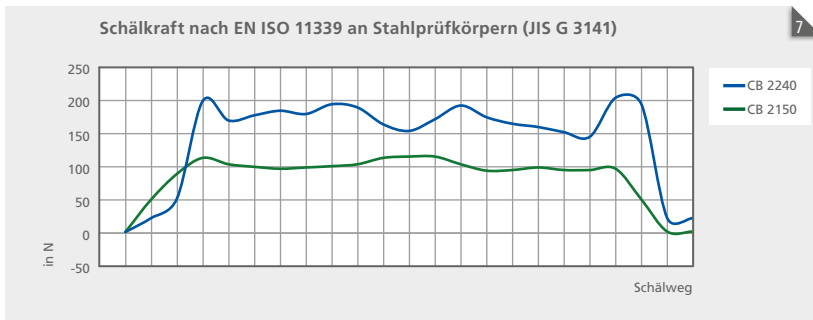
An Prüfkörpern aus nicht rostendem Stahl, die nach der Verklebung und vollständiger Aushärtung einer Klimabelastung ausgesetzt wurden, zeigt sich der chemisch-technische Unterschied noch deutlicher [Abb. 6].



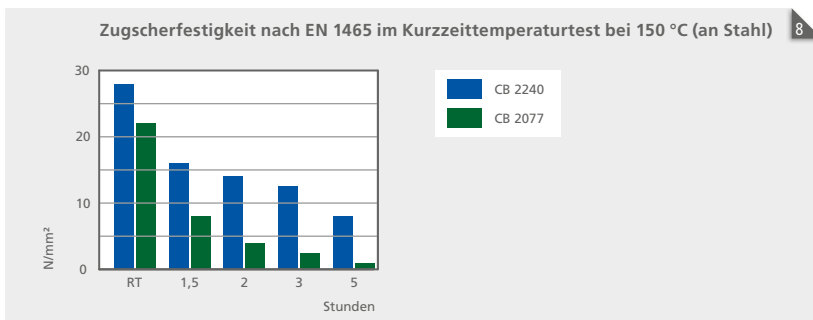
Da die Festigkeiten von CB 2240 nach der Klimabelastung (10 Tage, 40 °C; relative Luftfeuchtigkeit 90 %) sich noch im hohen Bereich von 22 N/mm² bewegen, ist weder ein wesentlicher negativer Einfluss auf die Adhäsions- noch auf die Kohäsionskraft feststellbar. Das sieht wiederum bei einem Standardprodukt ganz anders aus. Ausreichende Festigkeiten sind nach dem Klimatest nicht mehr gegeben. Korrosiv wirkende Einflüsse wurden in diesem Klimatest bewusst dadurch umgangen, dass man Edelstahl als Grundwerkstoff gewählt hat.

In Praxisversuchen hat sich dieses Laborergebnis immer wieder bestätigt. Es kommt sogar noch hinzu, dass die Klebstoffschicht selbst bei korrosiv ungünstigen Bedingungen der Feuchtigkeitsdiffusion standgehalten hat.

Um die Teilflexibilisierung beschreiben zu können, ist sicherlich auch die Schälfestigkeit als Belastungsart von Interesse. An Stahlprüfkörpern (JISG 3141) und einer mittleren Klebstoffschichtstärke von 0,05 mm, wurde das folgende Schälendiagramm ermittelt. Das Diagramm [Abb. 7] zeigt zwei modifizierte Produkte im Vergleich. Beide Produkte haben die gleichen Viskositäten, um den Einfluss der Schichtstärke zu minimieren. Es zeigt sich sehr deutlich, dass CB 2240 dem CB 2150 deutlich überlegen ist. Es wird ein doppelt so hoher Schälwiderstand erreicht.

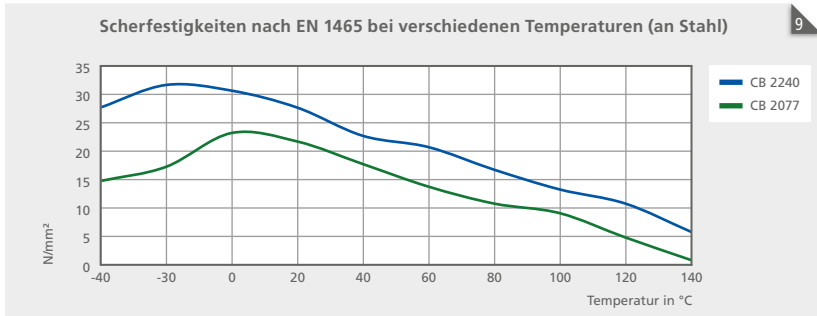


In der Praxis können z. B. Verklebungen bei Treibriemen aus Gewebeverbundmaterial, die eine geschäftete Überdeckung als Klebefläche aufweisen, erfolgreich durchgeführt werden, auch wenn Dauerläufe und erhöhte Temperaturbelastungen die Klebverbindung zusätzlich strapazieren [Abb. 8].



In der Praxis fällt weiterhin positiv auf, dass das eigentliche Reaktionsverhalten nur geringfügig von den Standardprodukten abweicht, aber auch hier gilt, dass die Luftfeuchtigkeit respektive das Substrat einen großen Einfluss auf das Aushärteverhalten aller reaktiven Cyanacrylat Klebstoffe hat.

Weiterhin ist in Laborversuchen als auch bei industriellen Anwendungen positiv festgestellt worden, dass auch die Temperaturbeständigkeiten bei den modifizierten, teilflexibilisierten Produkten sowohl in der Kurzzeitalterung als auch im gesamten Temperaturbereich wesentlich günstigere Werte zeigen als Standardprodukte [Abb. 9].



Zwar sind alle ausgehärteten Cyanacrylat Klebstoffe der Familie der Thermoplaste zuzuordnen, dennoch können sich anwendungstechnisch erhebliche Unterschiede ergeben. Die Cyberbond xtraflex Serie beweist eindrucksvoll, dass Cyanacrylate im Bereich Temperatur- und Klimabeständigkeit ein hohes Leistungsspektrum aufweisen, und man weitere Entwicklungen in diese Richtung erwarten darf.

2 Neomer Technologie von Cyberbond

Cyanacrylat Klebstoffe verkleben in der Regel sehr viele verschiedene Materialien unter- und miteinander. Ein entscheidendes Kriterium zum optimalen Verkleben gerade mit schnellen Cyanacrylaten ist die Oberfläche (s. auch Kapitel IV A 3.4). Wir möchten hier von der ansonsten wichtigen Betrachtung von Spalten, Rauheiten etc. absehen und uns auf die Porosität und den pH-Wert einer Oberfläche konzentrieren. Dazu ist es wichtig zu wissen, dass saure Oberflächen die Aushärtung verzögern oder gar verhindern, während alkalische Oberflächen eine stark beschleunigende Wirkung aufweisen.

Die Neomer Technologie beschäftigt sich mit dem Thema saure Oberflächen. Viele Holzsorten haben z. B. saure und saugfähige Oberflächen. Wenn Cyanacrylat aufgetragen wird, verzögert sich also die Abbindezeit, der Klebstoff wird im Extremfall aufgesogen, so dass nichts mehr zum Verkleben übrig bleibt. Man behilft sich hier mit höherviskosen (dickeren) Klebstoffen, so dass das Aufsaugen zumindest ausbleibt. Dennoch ist die Verklebung sehr langsam (im Minutenbereich).

Mit den Neomer Produkten bietet Cyberbond eine stark verbesserte und weiterentwickelte Technologie an, die im Wesentlichen für Folgendes verantwortlich zeichnet: das Cyanacrylat wird in der Art modifiziert, dass die saure Oberfläche des zu verklebenden Werkstoffes neutralisiert und zusätzlich die Oberflächenspannung heraufgesetzt wird. Dadurch wird das Wegschlagen des Cyanacrylats in die Porositäten des Werkstoffes verhindert, eine schnelle Abbindezeit ist die Folge.

Die Basistechnologie dieser so genannten beschleunigten Produkte (im Englischen reden wir auch von surface insensitive grades) gibt es bereits seit über 20 Jahren. Verschiedene chemische Reaktionsmechanismen werden dabei berücksichtigt und in den Produkten umgesetzt. Das Problem liegt aber darin, dass in dieser Art beschleunigte Klebstoffe auf der anderen Seite wieder höher stabilisiert werden müssen, um eine ausreichende Lagerstabilität des Verkaufsproduktes zu gewährleisten. Das hat aber wiederum den Nachteil, dass die Klebstoffe herkömmliche Materialien nur sehr langsam oder gar nicht verkleben können.

Die Neomer Technologie erlaubt es Cyberbond, mit CB 2600 und CB 2610 zwei Topprodukte anzubieten, die nicht nur Holz, Leder, Pappe, selbst Papier verkleben, sondern ebenfalls auch Elastomere und Kunststoffe schnell verbinden. Die Produkte unterscheiden sich in ihrer Viskosität. Während CB 2600 wasserdünn ist, weist CB 2610 mit ca. 120 mPa*s eine sehr angenehm zu verarbeitende Viskosität auf und stellt somit den Standard dar. Letztendlich hängt die Auswahl aber vom Einsatzfall ab.

3 Cyberbond Cyanacrylat in der Medizinindustrie

3.1 Cyberbond in der medizinischen Einmal-Artikel-Industrie (s. auch Kapitel VI 7.3)

In der medizinischen Geräteindustrie kommen Cyanacrylate häufig zum Einsatz. Anwendungen sind z. B. das Einkleben von Nadeln in Kunststoff (Spritzen). Auch wenn solche Produkte auf jeden Fall in Gänze im medizinischen Sinne freigeprüft werden müssen, so hilft es natürlich, wenn man sicher ist, dass von dem Cyanacrylat keine Gefahren für Mensch und Tier ausgehen. Es gibt eine Vielzahl von Freigabenormen wie z. B. FDA (US Food and Drug Administration), USP (United States Pharmacopeia) oder den ISO 10993 Standard.

Für Cyanacrylate kommen in erster Linie USP Class VI und ISO 10993 Freigaben zur Anwendung. Cyberbond verfügt über Freigaben beider Klassifizierungen, konzentriert sich in letzter Zeit aber immer mehr auf den ISO 10993, da dieser international hoch anerkannt ist und sehr strengen Regeln folgt. Der ISO 10993 besteht wiederum aus einer Vielzahl (20) unterschiedlicher Tests. Es geht dabei immer um die Biokompatibilität, sprich die Verträglichkeit eines Artikels im oder am Körper.

Cyberbond hat Freigaben für:

▼ **ISO 10993-5: Test for in vitro cytotoxicity**

Hier geht es in einem Agardiffusionstest darum, ob durch Cyanacrylat eine Zellkultur zerstört werden kann.

▼ **ISO 10993-10: Tests for irritation and delayed-type hypersensitivity**

Es werden an Kaninchen intrakutane Injektionen vorgenommen, d.h., das extrahierte Cyanacrylat wird über ein Trägermaterial in die tief sitzende Lederhaut injiziert, um festzustellen, ob es aufgrund von Gefäßerweiterungen zu einer entzündungsbedingten Hautrötung (Erythema) oder zu einer Akkumulation von Flüssigkeit (Edema) kommt.

▼ **ISO 10993-11: Tests for systematic toxicity**

Das extrahierte Cyanacrylat wird über ein Trägermaterial intravenös und intraperitoneal (in die Bauchhöhle) in Mäuse injiziert. Dabei darf es zu keiner biologischen Reaktion des Körpers kommen.

▼ **USP Class VI: USP 25, NF 20: Biological Reactivity Tests in vivo**

Dieser Test ähnelt dem 10993-10. An Mäusen und Kaninchen werden intrakutane Injektionen vorgenommen. Außerdem wurde das Medium in die parvertebrale Muskulatur (neben der Wirbelsäule) von Kaninchen implantiert. Es darf zu keinen auffälligen Reaktionen kommen.

Cyberbond produziert folgende ISO 10993 zertifizierte Cyanacrylate für die medizinische Geräteindustrie:

Cyanacrylate in der Medizinindustrie

ISO 10993-5: Test for Cytotoxicity	ISO 10993-10: Tests for Irritation and Sensitisation	ISO 10993-11: Tests for Systemetic Toxicitiy
CB 2003	CB 1603	CB 1603
CB 2004	CB 2000W	CB 2000W
CB 2028	CB 2008	CB 2008
CB 2075	CB 2011	CB 2011
CB 2040-05	CB 2028	CB 2028
CB 2241	CB 2077	CB 2077
CB 2241-05	CB 2800	CB 2800
CB 2243		
CB 5005		
CB 5241		
CB 5100 Black		
Apollo H-3		

3.2 Cyanacrylat in der Chirurgie

Spezielle Cyanacrylate kommen in der Chirurgie insbesondere zum Verkleben von Haut bei Mensch und Tier zum Einsatz. Cyberbond liefert höchstreine Butylester basierende Cyanacrylate an entsprechende Firmen, die derartige Produkte in diesem speziellen Markt (Krankenhäuser und Arztpraxen) vertrieben.