

	Strukturklebstoffe Leitlinien für die Oberflächenvorbehandlung von Metallen und Kunststoffen vor dem Kleben Deutsche Fassung EN 13887:2003	DIN EN 13887
ICS 25.220.10; 83.180 Structural Adhesives — Guidelines for surface preparation of metals and plastics prior to adhesive bonding; German version EN 13887:2003 Adhésifs structuraux — Guide pour la préparation des surfaces des métaux et des plastiques avant le collage par adhésif; Version allemande EN 13887:2003 Die Europäische Norm EN 13887:2003 hat den Status einer Deutschen Norm. Nationales Vorwort Diese Europäische Norm EN 13887:2003 ist im Technischen Komitee CEN/TC 193 „Klebstoffe“ erarbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NMP 455 „Prüfung von Konstruktionsklebstoffen, -klebverbindungen und Kernverbunden“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich. Fortsetzung 34 Seiten EN Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuss Kunststoffe (FNK) im DIN		

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Strukturklebstoffe - Leitlinien für die Oberflächenvorbehandlung
von Metallen und Kunststoffen vor dem Kleben

Structural Adhesives - Guidelines for surface preparation of
metals and plastics prior to adhesive bonding

Adhésifs structuraux - Guide pour la préparation des
surfaces des métaux et des plastiques avant le collage par
adhésif

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Juli 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
Einleitung.....	3
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Sicherheit und Umweltschutzgesetze	6
5 Einleitende Vorbehandlungsmaßnahmen	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Handkontakt	7
5.3 Reinigung	7
5.4 Lagerung.....	8
6 Oberflächenmodifizierung	8
6.1 Physikalisch: Mechanisch (Aufrauen)	8
6.2 Physikalisch: Nicht mechanisch	9
6.3 Chemisch	11
6.4 Verbundverfahren	15
7 Vorbehandlungsverfahren	16
7.1 Allgemeines	16
7.2 Metalle.....	16
7.3 Kunststoffe	30
8 Beurteilung der Dauerhaftigkeit	33
Literaturhinweise	34

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13887:2003) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 193 „Klebstoffe“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AENOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2004, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2004 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn und Vereinigtes Königreich.

Einleitung

Bei der Oberflächenvorbehandlung ist traditionell stets die Verwendung von Lösemitteln und reaktionsfähigen Chemikalien erforderlich gewesen. Es sollte jedoch beachtet werden, dass die Verwendung derartiger Materialien heute im Allgemeinen abgelehnt wird und dass bestimmte Substanzen EU-weit immer häufiger verboten werden. Aus diesem Grund werden herkömmliche Verfahren, bei denen z. B. Chromsäure verwendet wird, mit einer Ausnahme in dieser Norm nicht behandelt. Außerdem sollten nunmehr Chlorlösemittel, die durch das Protokoll von Montreal und durch nationale Rechtsvorschriften genehmigt sind, nur in geschlossenen Systemen verwendet werden. Diese Lösemittel werden jedoch generell nicht von dieser Norm unterstützt. Siehe auch EU-Verordnung (EG) Nr 2037/2000 [1].

Das traditionsgemäß angewendete Verfahren zur Erzielung von Klebverbindungen, die unter Umweltbedingungen eine möglichst gute Dauerhaftigkeit aufweisen, besteht üblicher-, jedoch nicht notwendigerweise, aus drei nacheinander auszuführenden Arbeitsschritten:

- der Entfernung von Kontaminanten,
- der physikalischen Veränderung der Oberfläche,
- der chemischen Behandlung.

Auf Druck des Gesetzgebers wird jedoch die Entwicklung und damit auch die Einführung neuer Verfahren vorangetrieben. Bei diesen neuen Verfahren werden die gefährlicheren oxidativen Behandlungen und deren Entsorgungsprobleme vermieden. Die entsprechende Einführung weniger aggressiver Oxidationsverfahren oder die Verwendung von Haftvermittlern ermöglicht es oftmals, die einzelnen Arbeitsschritte der oben stehenden Reihenfolge vorteilhaft zu kombinieren. Diese neuen Verfahren sind größtenteils rechtlich geschützt, und, sofern sie eingesetzt werden, beruhen die Haftvermittler oftmals auf der Silanchemie. Jedoch ist zu beachten, dass, welches Verfahren auch angewendet wird, die Wirksamkeit der neuen (hier vorgestellten) Verfahren zwar bekannt ist, eine allgemeine Eignung jedoch nicht angenommen werden kann. Es ist daher

erforderlich nachzuweisen, dass das gewählte Verfahren für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignet ist und dass die optimalen Bedingungen für den Produktionsvorgang ordnungsgemäß geschaffen wurden.

Einige Materialien kleben bedeutend besser als andere, wieder andere kleben ohne besondere Vorbehandlung überhaupt nicht. Die Eignung einer Oberfläche für das Kleben hängt sowohl vom Grad der Oberflächenvorbehandlung ab als auch von der Ausführung der Verbindung, ihrer Funktion (Verbinden, Abdichten usw.) und der Umgebung, in der sie ihre Funktion ausüben soll.

Vor dem Kleben ist bei den meisten Klebstoffen eine Oberflächenvorbehandlung bis zu einem gewissen Grade erforderlich, jedoch nicht bei allen. Bei Materialoberflächen, die eine besondere Neigung zeigen, in ihrer Festigkeit nachzulassen, oder die besonders anfällig für das Ablösen von Oberflächenschichten und für Spannungsrisse oder besonders empfindlich gegen Lösemittelangriffe sind, ist üblicherweise eine spezielle Behandlung erforderlich.

Nach angemessener Vorbehandlung lässt sich bei den meisten im Ingenieurwesen gebräuchlichen Metallen oder deren Legierungen eine zufrieden stellende Klebung erreichen. Die Optimierung der Dauerhaftigkeit von Metallklebungen erfordert üblicherweise die Einführung von zunehmend komplexeren und spezielleren Behandlungen.

Die Mehrzahl der duroplastischen wie der thermoplastischen Materialien kann unter Anwendung der üblichen Verfahren vorbehandelt werden. Abgesehen vom Problem der Verunreinigung und der Formtrennmittelrückstände würden die duroplastischen Kunststoffe (z. B. Polyepoxid- und Polyester-Verbundstoffe) sehr gut ohne jede Vorbehandlung kleben. Im Gegensatz dazu ist bei den meisten Thermoplasten auf Grund ihrer geringen Oberflächenenergie eine sorgfältige Vorbehandlung erforderlich. Wenn die erforderlichen Verfahren im Allgemeinen auch gültig sind, so gibt es jedoch hinsichtlich der Einzelheiten des Verfahrens Unterschiede.

Einige Anstrichstoffe — besonders die kataphoretischen in der Automobilindustrie verwendeten Grundierungen auf Wasserbasis — können ausgezeichnete Oberflächeneigenschaften für das Kleben ergeben. Dennoch wird eine Kontrolle der Stabilität der unteren Grenzfläche des Anstrichstoffes empfohlen. Manchmal kann die Oberfläche des Anstrichstoffes, selbst wenn sie frisch ist, einer Behandlung bedürfen, um ihre freie Energie zu erhöhen und auf diese Weise die Benetzung zu erleichtern.

Bestimmte Klebstoffe können Leichtöle und einige polymere Stoffe lösen. Folglich bedürfen einige Oberflächen, die für sicherheitsunkritische Verbindungen vorgesehen sind, keiner Vorbehandlung vor dem Kleben.

Die verschiedenen Verfahren zur Oberflächenreinigung und -modifizierung wurden der derzeitigen und der sich entwickelnden Praxis entnommen. Die beschriebenen Verfahren können in einer Reihe von Kombinationen verwendet werden, um die Grundlage für ein praktikables Vorbehandlungsverfahren zu schaffen, mit dem eine verbesserte Dauerhaftigkeit unter Umweltbedingungen erreicht wird.

Diese Norm bietet kein Mittel zur Bestimmung des geeignetsten Verfahrens für die Vorbehandlung. Eine derartige Bestimmung lässt sich in bestimmten Fällen nur im Hinblick auf den Fertigungsprozess und die Nutzung der geklebten Objekte vornehmen. Auf jeden Fall sollte das angewendete Verfahren sowohl mit den sich entwickelnden nationalen Rechtsvorschriften und EG-Verordnungen übereinstimmen als auch das am wenigsten gefährliche Mittel zum Erreichen der geforderten Leistung darstellen.

In Abschnitt 7 sind einige Verfahrenswahlmöglichkeiten für häufig vorkommende Metalle und Kunststoffe beschrieben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die üblicherweise zur Vorbehandlung von zu klebenden Komponentenoberflächen durchgeführten Verfahren fest; diese gelten sowohl für die Beurteilung im Labor als auch für den Prozess der Herstellung der Verbindung.

Diese Europäische Norm gilt für allgemein übliche Metall- und Kunststoffoberflächen.

Dazu gehören folgende Metall- und Kunststoffgruppen, wobei die Letztgenannten auch füllstoffhaltige Arten und geeignete Anstrichstoffe enthalten:

METALLE: Aluminium, Chrom, Kupfer, Magnesium, Nickel, Stahl (weich und unlegiert), Stahl (nicht rostend), Zinn, Titan, Zink.

ANSTRICHSTOFFE: kataphoretische, Polyalkyd, Polyester, Polyepoxid, Polyurethan.

KUNSTSTOFFE:

Thermoplaste: Acrylnitril-Butadien-Styrol-Kunststoff (ABS-Kunststoff), Polyacetal-Kunststoff, Polyacryl-Kunststoff, Polyamid-Kunststoff (PA-Kunststoff), Polybutylenterephthalat (PBT), Polycarbonat-Kunststoff (PC-Kunststoff), Polyester-Kunststoff, Polyetheretherketon (PEEK), Polyethersulfon (PES), Polyethylen-Kunststoff (PE-Kunststoff), Polyimid, Polymethylmethacrylat-Kunststoff (PMMA-Kunststoff), Polyphenylenoxid (PPO), Polypropylen-Kunststoff, Polystyrol-Kunststoff (PS-Kunststoff), Polytetrafluorethylen (PTFE), Polyvinylchlorid-Kunststoff (PVC-Kunststoff).

Duroplaste: Allylphthalat-Kunststoff, Amino-Kunststoff, Celluloseester, Epoxid-Kunststoff, Polyester-Kunststoff, Phenolharzkunststoff, Polyurethan (PUR).

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 923:1998, *Klebstoffe — Benennungen und Definitionen*.

EN 2234-5, *Luft- und Raumfahrt — Strukturelle Klebstoffe — Prüfverfahren — Teil 5: Alterungsprüfungen*.

EN ISO 472:2001, *Kunststoffe — Fachwörterverzeichnis (ISO 472:1999)*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 923:1998 und EN ISO 472:2001 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Kunststoff (einschließlich Anstrichstoff)

Material, dessen Hauptbestandteil ein Hochpolymer ist und das in einer (oder mehreren) bestimmten Phase(n) während seiner Verarbeitung zum Endprodukt durch Gießen in eine bestimmte Form gebracht werden kann

ANMERKUNG 1 Elastomere Materialien, die ebenfalls durch Gießen in eine bestimmte Form gebracht werden, sind nicht als Kunststoff anzusehen.

ANMERKUNG 2 In einigen Ländern, besonders im Vereinigten Königreich, ist es zulässig, die Benennung „Kunststoff“ (en: „plastics“) sowohl im Singular als auch im Plural zu verwenden.

ANMERKUNG 3 Übernommen aus EN ISO 472, *Kunststoffe — Fachwörterverzeichnis*.

4 Sicherheit und Umweltschutzgesetze

Die Anwender dieser Norm müssen mit der üblichen Laborpraxis und den in der Industrie üblichen Grundsätzen guter Hygiene vertraut sein.

Zweck dieser Norm ist es nicht, alle eventuell im Zusammenhang mit der Anwendung auftretenden Sicherheitsprobleme zu behandeln. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, Sicherheits- und Gesundheitsschutzverfahren einzuführen und die Übereinstimmung mit europäischen und nationalen Vorschriften sicherzustellen.

Einige der nachfolgend angegebenen Verfahren bedingen die Anwendung von gefährlichen Verfahren, Materialien und handelsüblichen Chemikalien. Es ist daher unerlässlich, die Anweisungen des Lieferanten zu befolgen, die Gesundheits- und Sicherheitsangaben gründlich durchzulesen und entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Konzentrierte Säuren, Basen und Oxidationsmittel sind hoch korrosive Chemikalien. Spritzer können ernste Schädigungen sowohl der Haut als auch der Augen verursachen, und sie führen zu Schäden an normaler Kleidung. Beim Umgang mit derartigen Chemikalien ist grundsätzlich immer Schutzkleidung zu tragen (z. B. einteilige Schutzanzüge [Overalls], Handschuhe und Schutzbrillen oder Schutzschirme).

In ähnlicher Weise sind entsprechende Vorkehrungen für den Umgang mit Lösemitteln zu treffen. Es sind zumindest ein Augenschutz und Handschuhe zu tragen (oder es ist eine geeignete Arbeitsschutzsalbe aufzutragen). Jeder Kontakt von Vorbehandlungsmitteln mit der Haut ist zu vermeiden. Falsche Benutzung kann zu Dermatitis führen.

Es wird auf die in der EU-Richtlinie 89/655/EWG [2] aufgeführten Lösemittel verwiesen.

Falls möglich, ist als Lösemittel Propan-2-ol zu verwenden, vorzugsweise in einem geschlossenen System. Wenn es keine praktisch durchführbare Alternative gibt, kann auch ein Keton verwendet werden, das allerdings in einem geschlossenen System verwendet werden muss. Vorsicht! Bei jedem Gebrauch zusammen mit Lösungsmitteln ist die Entflammbarkeit von Alkoholen und in besonderem Maße von Ketonen sowie der Umstand zu beachten, dass alle derartigen Stoffe ab einer bestimmten Konzentration narkotisch wirken. Es ist sicherzustellen, dass geeignete Vorkehrungen getroffen wurden, um alle Quellen von Lösemitteldämpfen und alle Zündquellen zu beseitigen — besonders elektrostatische Funkenbildung — und dass die Bediener während des gesamten Arbeitszyklus keinen Lösemitteldämpfen ausgesetzt sind.

Abfälle und verbrauchte Materialien sind in Übereinstimmung mit den Anforderungen der entsprechenden europäischen und nationalen Gesetze durch Inanspruchnahme der Dienstleistung einer hierzu ermächtigten Organisation zu entsorgen, deren Rat in jedem Fall eingeholt werden muss.

WARNUNG — Bei der Herstellung von Lösungen niemals Wasser in Säure gießen. Säuren immer in einem langsamen, gleichmäßigen Strom der beständig gerührten Lösung hinzusetzen. Durch eine exotherme Reaktion kann sich das entstehende Gemisch aufheizen. Tritt dieser Fall ein, so erhöht sich die Gefahr einer persönlichen Kontamination. Es ist mit äußerster Vorsicht vorzugehen.

5 Einleitende Vorbehandlungsmaßnahmen

5.1 Allgemeines

Beim Kleben von im Hinblick auf die Sicherheit kritischen Strukturen ist in jedem Fall eine optimale Behandlung notwendig. Dies erfordert die Anwendung von geeigneten Verfahren sowohl zur Reinigung als auch zur Modifizierung der Oberfläche; diese kann entweder eine anorganische oder eine organische Beschichtung oder auch eine Kombination von beiden sein. Im Gegensatz dazu braucht bei der Anwendung von Klebstoffen, die Leichtöle zu lösen vermögen, für Verbindungen, die nur leichten oder den Nennbelastungen standzuhalten haben, nur eine minimale oder sogar gar keine Oberflächenvorbehandlung durchgeführt zu werden. In jedem Fall ist der Rat des Herstellers einzuholen.

Es kann hilfreich sein zu erwähnen, dass nur wenige Anstrichoberflächen etwas anderes als reine Nennlasten tragen können. Die Ausnahmen bilden üblicherweise wässrige, elektrochemische Anstrichstoffe, wie sie in der Automobilindustrie verwendet werden sowie Anstrichstoffe auf Epoxid- und Polyesterbasis, die bei der Vorbehandlung von „vorbeschichteten“ Metalltafeln verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Elastomere Werkstoffe, die ebenfalls durch Gießen in eine bestimmte Form gebracht werden, sind nicht als Kunststoff anzusehen.

ANMERKUNG 2 In einigen Ländern ist es zulässig, die Benennung „Kunststoff“ (en: „plastics“) sowohl im Singular als auch im Plural zu verwenden (wie z. B. in der englischsprachigen Ausgabe).

5.2 Handkontakt

Die zu klebenden Oberflächen sind vor der Vorbehandlung so wenig wie möglich mit den Händen zu berühren. Nach der Vorbehandlung dürfen derartige Flächen überhaupt nicht direkt berührt werden. Ist dies jedoch unvermeidlich, so müssen saubere, fusselfreie Handschuhe aus Baumwolle oder Nylon getragen werden.

5.3 Reinigung

Öl- oder fetthaltige Rückstände sind, wenn möglich, mit Hilfe wässriger Materialien zu entfernen. Die Anwendung nicht ionischer Reinigungsmittel führt zu guten Ergebnissen. Handelsübliche basische Reinigungsmittel sind besonders gut für Metalle geeignet, da sie nicht nur die Hydrogencarbonate entfernen, sondern weil die aggressiveren, stärkeren Sorten auch metallische Seifen und Salze entfernen können. Bei der Vorbehandlung von Aluminium sollten jedoch kein auf Natriumhydroxid basierendes Reinigungsmittel und keine sonstigen basischen Materialien verwendet werden.

Einige handelsübliche Gemische werden heiß angewendet, während andere entweder Anoden- oder Kathodenströme nutzen. Unabhängig davon, welches Reinigungsmittel verwendet wird, müssen die Komponenten in jedem Falle gründlich abgespült (siehe 6.3 d)) und anschließend in einem sauberen, ölfreien, Heißtrockenluftstrom bei einer Temperatur von 60 °C etwa 10 min getrocknet werden.

Falls zur Entfernung von Identifizierungskennzeichen oder Anstrichstoffen die Anwendung von Lösemitteln erforderlich ist, so ist möglichst Propan-2-ol zu verwenden. Ist dies nicht möglich, so ist alternativ ein Keton (siehe Abschnitt 4) zu verwenden. Lösemittel können bei einigen thermoplastischen Materialien schwere Schäden entweder durch Auflösen oder durch Auslösung von Spannungsrissen hervorrufen. Für Spannungsrisse sind besonders Kunststoffe anfällig, die auf Polycarbonat, Polymethylmethacrylat und ABS basieren.

Für die Vorbehandlung von kleineren Komponenten kann sich auch Ultraschallreinigung als annehmbar erweisen.

Für die Vorbehandlung von Titan und dessen Legierungen werden die sehr wirksamen Dampfbäder empfohlen. Diese dürfen jedoch nur in geschlossenen Systemen angewendet werden. Siehe Abschnitt 4.

Es darf nicht vergessen werden, dass einige Industrieprozesse schädigende Auswirkungen auf Oberflächen haben können und haben, und zwar sowohl während als auch nach deren Vorbehandlung. Mit dem Einsatz

von Geräten geht oftmals die Freisetzung von schädlichen Stäuben, Rauchschwaden und Dämpfen in die umgebende Luft einher. Öldämpfe, Formentrenn-Sprühmittel und die Luft in Galvanisierbetrieben sind besonders schädlich. Aus diesem Grunde ist (sind) die Oberflächenvorbehandlung (und das Kleben) in abgetrennten Räumen durchzuführen, in denen derartige Verunreinigungen vermieden werden können.

5.4 Lagerung

Es ist zwischen der Lagerung im Laboratorium und den während der industriellen Fertigung auftretenden Verzögerungen zu unterscheiden. Die erstere schließt die Leistungsbeurteilung entweder der Oberfläche oder des Klebstoffes mit ein. Ist eine Beurteilung gefordert, so muss die Lagerung bei einer Umgebung mit einer Temperatur von $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(50 \pm 5) \%$ erfolgen. Die Komponenten sind vor Ablauf einer Zeitspanne von 8 h zu verwenden; eine Ausnahme bilden Materialien, die weiterhin schädlichen Oxidationsprozessen unterliegen, wie z. B. weicher, unlegierter Stahl. Derartige Oberflächen müssen sobald wie möglich nach der Vorbehandlung geklebt werden und vor dem Kleben stets unter festgelegten Bedingungen aufbewahrt werden, damit es zu keiner Verunreinigung kommt.

Die industrielle Fertigung erfordert die Einhaltung gewisser Mindestgütenormen. Zu diesem Zweck sind Verfahren einzuführen, um sicherzustellen, dass die Unversehrtheit einer vorbehandelten Oberfläche vor dem Zusammenfügen nicht in unannehmbare Weise beschädigt wird. Besondere Aufmerksamkeit ist möglichen Beschädigungen durch Oxidation, Kondensation und Verunreinigung, besonders durch Formentrennmittel, zu widmen; diese dürfen niemals im selben Gebäude verwendet werden. Im Idealfall müssen die Teile sofort nach der Vorbehandlung geklebt werden und nur ausnahmsweise nach Ablauf einer Zeitspanne von 4 h.

6 Oberflächenmodifizierung

6.1 Physikalisch: Mechanisch (Aufrauen)

6.1.1 Allgemeines

Aufrauen, das leichte Anrauen von Oberflächen sowohl aus Metall als auch aus Kunststoff (siehe 3.1) entweder durch Schleifen oder Strahlen, ist fast immer geeignet, die Leistungsfähigkeit der letztlich erzielten Klebverbindung zu verbessern.

Manchmal sind Schleifen oder Strahlen erforderlich, um eine raue, unebene Oberfläche, wie sie z. B. bei Gussstücken auftreten kann, zu glätten oder um Korrosion oder andere Arten der Verunreinigung zu entfernen.

Bei dünnen ($\leq 2 \text{ mm}$), leichten Legierungen, die bei Verwendung wahrscheinlich hohen Spannungen ausgesetzt sind, kann sich Aufrauen jedoch als unangemessen erweisen, da möglicherweise eine Oberflächenspannung — Eigenspannung — erzeugt wird.

6.1.2 Schleifen

Das Schleifen kann entweder nass oder trocken unter Verwendung entweder eines wasserbeständigen, beschichteten Papiers ($45 \mu\text{m}$ bis $106 \mu\text{m}$ Körnung) oder eines dreidimensionalen Vliesstoff-Schleifmittels durchgeführt werden.

Die folgende Reihenfolge der Arbeitsschritte wird empfohlen:

- a) in einer für den Ausführenden bequemen Richtung ist gerade über die Fläche hinweg zu schleifen, bis die gesamte Oberfläche leicht und gleichmäßig aufgeraut ist;
- b) in gleicher Weise ist im rechten Winkel zu schleifen, bis sämtliche Spuren (aus a)) getilgt sind;

- c) mit einer kreisförmigen Bewegung (mit einem Durchmesser von ≤ 100 mm) ist zu schleifen, bis wiederum sämtliche Spuren des vorangegangenen Arbeitsschritts (siehe b)) getilgt sind und die Oberfläche gleichmäßig erscheint;
- d) die Schleifrückstände sind zu entfernen. Wurde trocken geschliffen, ist, falls anwendbar, ein Vakuum-Absauggerät zu verwenden. Andernfalls ist in eine geeignet belüftete Umgebung saubere, ölfreie und trockene Luft einzublasen. Falls nass geschliffen wurde, so ist das Lösemittel mit einem sauberen, fusselfreien Stück Stoff vom Objekt abzuwischen und dieses trocknen zu lassen.;
- e) im Anschluss daran ist entweder zu kleben oder ein weiteres Verfahren zur Oberflächenmodifizierung durchzuführen.

Sollen Teile geklebt werden, so müssen sie trocken sein und sobald es praktikabel durchführbar ist (siehe 5.4) geklebt werden. Das Trocknen kann mit Hilfe eines sauberen, ölfreien Heißlufttrockenstroms mit einer Temperatur, die $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht überschreitet, beschleunigt werden.

ANMERKUNG 1 Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass die verwendeten Schleifmittel nicht verschmutzen und dass keine Kontaminanten von einem zum nächsten Arbeitsschritt in der oben genannten Reihenfolge übertragen werden.

ANMERKUNG 2 Siehe 6.3 e), Wasserfilmriss-Versuch, ein Verfahren, mit dessen Hilfe der Nachweis erbracht wird, dass die Oberfläche einer Komponente frei von Verunreinigungen ist.

6.1.3 Strahlen

Trockenstrahlen wird üblicherweise nur bei metallischen Komponenten angewendet. Die weniger aggressiven Verfahren können sich jedoch bei den robusteren Kunststoffen und bei vorsichtiger Anwendung — um übermäßige Erosion zu vermeiden — als wirksam erweisen. Hierfür stehen rechtlich geschützte Verfahren zur Verfügung. Diese schließen die Verwendung von so speziellen Strahlmitteln wie gekörntem Kohlendioxid und geschredderten Nusschalen ein. Im Allgemeinen jedoch werden die metallischen Komponenten durch Trockenstrahlen mit einem Schleifmittel der Körnung $45\text{ }\mu\text{m}$ bis $106\text{ }\mu\text{m}$ vorbehandelt, bis die Oberfläche gleichmäßig erscheint. **Bei Teilen aus Aluminium, Kupfer, nicht rostendem Stahl oder Titan dürfen keine Strahlmittel auf Eisen- oder Stahlbasis verwendet werden.**

Nassstrahlen, das in einem Winkel von weniger als 90° zur Oberfläche ausgeführt wird, wobei ein entweder in Wasser oder in Wasserdampf hängendes Sieb von $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$ verwendet wird, kann besonders bei kleinen metallischen Teilen geeignet sein. Die rechtlich geschützten Systeme enthalten üblicherweise wasserlösliche Zusätze. Um eine weitere Verunreinigung der Oberfläche zu vermeiden, ist daher der Rat des Herstellers einzuholen.

Für Titan wird das Nassstrahlen bisher nicht empfohlen.

Unabhängig davon, welches Verfahren angewendet wird, sind die Arbeitsschritte 6.1.2 d) und 6.1.2 e) umzusetzen und die Anmerkungen zu befolgen.

6.2 Physikalisch: Nicht mechanisch

Es sind eine ganze Reihe von Verfahren entwickelt worden, deren Zweck die Modifizierung von Oberflächen ohne Anwendung von mechanischem Schleifen oder auf Flüssigkeiten beruhenden chemischen Verfahren ist. Diese sind im Wesentlichen dazu bestimmt, eine vorteilhafte chemische Modifizierung der Oberflächen von Kunststoffen (siehe 3.1) durch physikalisch eingeleitete Oxidationsprozesse zu ermöglichen. Bei einigen dieser Verfahren werden auch weitere chemische Elemente während der Modifizierung der behandelten Oberfläche eingeführt. Mit Hilfe einiger dieser Verfahren lassen sich auch Verunreinigungen bis zu einem gewissen Grad entfernen.