

DIN EN 16602-70-16

ICS 49.025.50; 49.140

**Raumfahrttechnik –
Kleben für Raumfahrzeug- und Trägeranwendungen;
Englische Fassung EN 16602-70-16:2021**

Space engineering –
Adhesive bonding for spacecraft and launcher applications;
English version EN 16602-70-16:2021

Assurance produit des projets spatiaux –
Utilisations du collage pour les structures satellites et lanceurs;
Version anglaise EN 16602-70-16:2021

Gesamtumfang 100 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 16602-70-16:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN-CLC/JTC 5 „Raumfahrt“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-06-02 AA „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Dieses Dokument (EN 16603-70-16:2021) basiert auf ECSS-Q-ST-70-16C.

Dieses Dokument enthält unter Berücksichtigung des DIN-Präsidialbeschlusses 1/2004 nur die englische Originalfassung von EN 16602-70-16:2021.

Dieses Dokument wurde speziell zur Behandlung von Raumfahrtsystemen erarbeitet und hat daher Vorrang vor jeglicher Europäischen Norm, die denselben Anwendungsbereich hat, jedoch über einen größeren Geltungsbereich (z. B. Luft- und Raumfahrt) verfügt.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 62:2008	siehe	DIN EN ISO 62:2008-05
ISO 291:2008	siehe	DIN EN ISO 291:2008-08
ISO 472:2013/Amd 1:2018	siehe	DIN EN ISO 472/A1:2019-03
ISO 527-1:2019	siehe	DIN EN ISO 527-1:2019-12
ISO 527-2:2012	siehe	DIN EN ISO 527-2:2012-06
ISO 1183-1:2019	siehe	DIN EN ISO 1183-1:2019-09
ISO 2535:2001	siehe	DIN EN ISO 2535:2003-02
ISO 2555:2018	siehe	DIN EN ISO 2555:2018-09
ISO 3521:1997	siehe	DIN EN ISO 3521:1999-10
ISO 3696:1987	siehe	DIN ISO 3696:1991-06
ISO 6721-1:2011	siehe	DIN EN ISO 6721-1:2011-08 (neue Ausgabe: DIN EN ISO 6721-1:2019-09)
ISO 8510-2:2006	siehe	DIN EN ISO 8510-2:2010-12
ISO 9142:2003	siehe	DIN EN ISO 9142:2004-05
ISO 9653:1998	siehe	DIN EN ISO 9653:2000-10
ISO 9664:1993	siehe	DIN EN ISO 9664:1995-08
ISO 11339:1993	siehe	DIN EN ISO 11339:2010-06*
ISO 11357-1:2016	siehe	DIN EN ISO 11357-1:2017-02

* Zu ISO 11339:1993 gibt es keine deutsche Entsprechung.

ISO 11357-2:2013	siehe	DIN EN ISO 11357-2:2014-07 (neue Ausgabe: DIN EN ISO 11357-2:2020-08)
ISO 11357-3:2018	siehe	DIN EN ISO 11357-3:2018-07
ISO 11357-4:2014	siehe	DIN EN ISO 11357-4:2014-10 (neue Ausgabe: DIN EN ISO 11357-4:2021-05)
ISO 11357-5:2013	siehe	DIN EN ISO 11357-5:2014-07
ISO 11358-1:2014	siehe	DIN EN ISO 11358-1:2014-10
ISO 15785:2002	siehe	DIN EN ISO 15785:2002-12
ISO 22007-4:2017	siehe	DIN EN ISO 22007-4:2017-11
ISO 29863:2007	siehe	DIN EN ISO 29863:2021-11**

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

** Zu ISO 29863:2007 gibt es keine deutsche Entsprechung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Begriffe und Abkürzungen

Die Benummerung der folgenden Begriffe und Abkürzungen ist identisch mit der Benummerung in der englischen Fassung.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe aus anderen Normen

- a) Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach ECSS-S-ST-00-01.
- b) Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach ECSS-Q-ST-70 und insbesondere die folgenden Begriffe:
 - 1) kritischer Prozess;
 - 2) kritisches Material;
 - 3) besonderer Prozess;
 - 4) Antrag auf Genehmigung
- c) Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach ECSS-Q-ST-40 und insbesondere die folgenden Begriffe:
 - 1) Kritikalität

3.2 Für diese Norm spezifische Begriffe

3.2.1

Fügeteil

Formteil, das mit einem anderen Formteil geklebt werden soll oder ist

[ISO 472:2013/Amd 1:2018]

3.2.2

Adhäsion

Zustand, in dem zwei Flächen durch Grenzflächenkräfte zusammengehalten werden, welche chemische, mechanische oder physikalische Grenzflächenkräfte umfassen können

3.2.3

Klebstoff

siehe „Klebeverbindung“.

ANMERKUNG Der Begriff „Klebeverbindung“ ist gebräuchlich, aber für das Verfahren wird der Begriff „Kleben“ verwendet.

3.2.4**Klebeverfahren**

ausführliche Anweisungen, Ausrüstungen und Werkzeuge, die für die Durchführung des Klebens benötigt werden

ANMERKUNG Für den ausführlichen Inhalt wird auf Anhang A verwiesen.

3.2.5**Klebeprozess**

Werkstoff-Fügeprozess, bei dem ein Klebstoff hinzugegeben wird, um chemische, mechanische oder physikalische Grenzflächenkräfte zwischen Fügeteilen aufrecht zu erhalten

ANMERKUNG Der Fügemechanismus zwischen Klebstoff und zusammengefügteten Teilen, die auch als „Füge­teile“ bezeichnet werden, beruht auf Adhäsion. Nach ECSS-Q-ST-70 gehört Kleben zur Kategorie „besondere Prozesse“.

3.2.6**Klebeverbindung**

Verbindung zweier oder mehrerer Teile aus gleichen oder unterschiedlichen Werkstoffen, die unter Anwendung eines Klebemittels erzeugt wird

[ISO 15785:2002]

ANMERKUNG Der Begriff „Klebstoff“ ist ein Synonym.

3.2.7**Klebstoff**

Stoff mit der Fähigkeit, zwei Oberflächen durch entweder chemische, physikalische oder mechanische Grenzflächenkräfte oder durch eine Kombination aus diesen zusammen zu halten

ANMERKUNG Der Begriff der Klebstoffe wird in ECSS-E-HB-32-21 behandelt.

3.2.8**Beanspruchung mit Umgebungsluftfeuchte in kontrollierter Umgebung**

ein Gegenstand wird Umgebungsluft mit einer Temperatur im Bereich von $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchte von $(55 \pm 10) \%$ ausgesetzt

ANMERKUNG 1 Eine langfristige Beanspruchung mit diesen Bedingungen kann zur Verschlechterung der Leistungsfähigkeit der Klebeverbindung führen.

ANMERKUNG 2 Trägt zum „intrinsischen Altern“ der Verbindungen bei.

3.2.9**Mithärtung**

früheste Phase im Herstellungsprozess, die zu einem vollständig integrierten Bauteil führt

ANMERKUNG 1 Der Fügemechanismus ist chemische Vernetzung. Beide Füge­teile durchlaufen eine chemische Reaktion.

ANMERKUNG 2 Diese Norm behandelt keine Anforderungen an die Verifizierung von Mithärtungs-Prozessen.

3.2.10**Verbundhaftung**

Zwischenstufe im Herstellungsprozess, in der ein ungehärtetes Teil mit einem oder mehreren ausgehärteten Teil(en) verbunden wird, üblicherweise mit einer zusätzlichen Schicht eines ungehärteten Klebstoffes

ANMERKUNG 1 Der Fügemechanismus zwischen dem Klebstoff und dem ausgehärteten Teil ist Adhäsion. Zwischen dem ungehärteten Teil und der ungehärteten Klebstoffschicht findet chemische Vernetzung statt.

ANMERKUNG 2 Der weitere Text bezieht sich ausschließlich auf Kleben oder Verbundhaftung (ungehärteter Klebstoff, ausgehärtetes Substrat) oder auf Verklebung mit druckempfindlichen Klebebändern.

3.2.11

Verschlechterung

zwischen zwei Messstellen über eine Zeitspanne festgestelltes Nachlassen einer interessierenden Eigenschaft

3.2.12

Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte

Beanspruchung, bei der der Prüfgegenstand dem Synergieeffekt aus gasförmiger Wasserphase und Temperatur ausgesetzt wird

ANMERKUNG 1 Üblicherweise wird der Prüfgegenstand Bedingungen unterzogen, bei denen die Temperatur und der Wasserdampfdruck höher sind als bei der Feuchtebeanspruchung in kontrollierter Umgebung ($> 25\text{ °C}$ und $> 65\%$ relative Luftfeuchte).

ANMERKUNG 2 Durchgeführt im Rahmen einer Simulation einer Umgebung am Boden innerhalb einer Prüffolge zur Verifizierung des Klebverhaltens oder als Teil einer unabhängigen Prüfung bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte.

ANMERKUNG 3 Die Prüfung und Verifizierung des Prüfgegenstandes vor und nach der Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte ist zerstörungsfrei und verhindert nicht, dass der Prüfgegenstand weiteren Prüfungen im Rahmen einer Verifizierungsprüffolge unterzogen wird.

ANMERKUNG 4 Auch bekannt als „Feuchtebeanspruchung“.

3.2.13

Prüfung bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte

Prüfung, bei der der Prüfgegenstand einer Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte unterzogen wird, nach deren Durchführung die Auswirkung der Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte verifiziert wird

ANMERKUNG 1 Die Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte kann kombiniert mit zusätzlichen Beanspruchungen, wie z. B. mechanischen, chemischen oder elektrischen Beanspruchungen, durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Funktionseigenschaften eines Prüfgegenstandes können bei „in-situ“-Bedingungen einer Beanspruchung mit hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte verifiziert werden.

ANMERKUNG 3 Bei einer Prüfung der Klebeverbindungen bei hohen Temperaturen und hoher Luftfeuchte erfolgt nach der Heiß-Nass-Beanspruchung üblicherweise eine mechanische Prüfung, um die Verschlechterung des Zustands der Verbindung und den mit der Heiß-Nass-Beanspruchung zusammenhängenden Minderungsfaktor zu verifizieren.

ANMERKUNG 4 Auch bekannt als Prüfung bei „feuchter Wärme“ oder „Feuchteprüfung“.

3.2.14

Knockdown-Faktor

KDF

allgemeiner Faktor, der auf die Werkstoffeigenschaft angewendet wird, um Schwankungen der Werkstoffzusammensetzung, der Einsatzumgebung und der Gefügegeometrie zu berücksichtigen

ANMERKUNG Er kann mehrere Minderungsfaktoren umfassen.

3.2.15

Minderungsfaktor

Verhältnis zwischen dem Mittelwert einer bestimmten Werkstoffeigenschaft eines Bezugs-Prüfgegenstands und von beanspruchten Sätzen von Prüfgegenständen

ANMERKUNG Kann als Bruch oder als prozentualer Anteil des anfänglichen Bezugswertes (verbleibender prozentualer Anteil der interessierenden Eigenschaft) angegeben werden.

3.2.16**Repräsentativitätsniveau des Prüfgegenstands**

Festlegung, wie gut oder genau der Prüfgegenstand die Ähnlichkeit mit der Flugmodell-Konfiguration wiedergibt

3.2.17**Strukturklebung**

Klebung, die in der Lage ist, in einer Konstruktion bei Einwirkung einer Kombination von Beanspruchungen für eine vorgegebene Zeitspanne eine vorgegebene Klebfestigkeit beizubehalten

ANMERKUNG 1 zum Begriff Die Kombination von Beanspruchungen kann z. B. Schäl- und Scherkräfte, statische Lasten, Wechsellasten und Umwelteinflüsse umfassen. Ein Klebstoff, der Strukturklebungen bilden kann, wird allgemein als „Strukturklebstoff“ bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „strukturelle Verbindung“ ist ein Synonym.

[ISO 472:2013]

3.2.18**Prüfgegenstand**

hergestellte Baugruppe, die einer Verifizierungs-Prüffolge unterzogen wird

ANMERKUNG Der Prüfgegenstand kann eine Norm-Untersuchungsprobe, ein Bauteil oder ein Teil sein, das für die Flug-Hardware vollständig repräsentativ ist.

3.2.19**Grundgesamtheit von Prüfgegenständen**

Gruppe von Sätzen von Prüfgegenständen, die hergestellt wurden, um eine bestimmte Prüffolge auszuführen, einschließlich aller Bezugs-Prüfgegenstände, Prüfgegenstände für die Simulation am Boden, Prüfgegenstände für die Simulation einer Mission und Prüfgegenstände für die Simulation des Starts sowie Ersatz-Prüfgegenstände

ANMERKUNG Gruppe von Gegenständen mit derselben Fertigungshistorie.

3.2.20**Satz von Prüfgegenständen**

Prüfgegenstände, die eine identische Prüffolge einhalten

3.3 Abkürzungen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Abkürzungen und Symbole nach ECSS-S-ST-00-01 und die folgenden Abkürzungen:

Abkürzung	Bedeutung
AIT	Montage, Integration und Prüfung (en: assembly, integration and test)
CME	Feuchtedehnkoeffizient (en: coefficient of moisture expansion)
CTE	Wärmedehnkoeffizient (en: coefficient of thermal expansion)
DMA	dynamisch-mechanische Analyse (en: dynamic mechanical analysis)
DPL	deklarierte Prozessliste (en: declared process list)
DRD	Festlegung der Dokumentanforderungen (en: document requirements definition)
DSC	Differentialrasterkalorimetrie (en: differential scanning calorimetry)
MLI	mehrlagige Dämmung (en: multi-layer insulation)
MMPP	Werkstoffe, mechanische Teile und Prozesse (en: materials, mechanical parts and processes)
NDI	zerstörungsfreie Inspektion (en: non-destructive inspection)
PA	Produktsicherung (en: product assurance)
PPE	persönliche Schutzausrüstung (en: personal protective equipment)
PSA	druckempfindlicher Klebstoff (en: pressure sensitive adhesive)
RFA	Antrag auf Genehmigung (en: request for approval)
RH	relative Luftfeuchtigkeit (en: relative humidity)
SDS	Sicherheitsdatenblatt (en: safety data sheet)
Tg	Glasübergangstemperatur (en: glass transition temperature)
TDS	technisches Datenblatt (en: technical data sheet)
TGA	thermogravimetrische Analyse (en: thermo-gravimetric analysis)
TMA	thermomechanische Analyse (en: thermo-mechanical analysis)
TVC	Temperaturwechselbeanspruchung unter Vakuum (en: thermal vacuum cycling)
UV	ultraviolett (en: ultraviolet)

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 62:2008-05, *Kunststoffe — Bestimmung der Wasseraufnahme (ISO 62:2008); Deutsche Fassung EN ISO 62:2008*

DIN EN ISO 291:2008-08, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:2008); Deutsche Fassung EN ISO 291:2008*

DIN EN ISO 472/A1:2019-03, *Kunststoffe — Fachwörterverzeichnis — Änderung 1: Weitere Einträge (ISO 472:2013/Amd.1:2018); Dreisprachige Fassung EN ISO 472:2013/A1:2018*

DIN EN ISO 527-1:2019-12, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 527-1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 527-1:2019*

DIN EN ISO 527-2:2012-06, *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften — Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen (ISO 527-2:2012); Deutsche Fassung EN ISO 527-2:2012*

DIN EN ISO 1183-1:2019-09, *Kunststoffe — Verfahren zur Bestimmung der Dichte von nicht verschäumten Kunststoffen — Teil 1: Eintauchverfahren, Verfahren mit Flüssigkeitspyknometer und Titrationsverfahren (ISO 1183-1:2019, korrigierte Fassung 2019-05); Deutsche Fassung EN ISO 1183-1:2019*

DIN EN ISO 2535:2003-02, *Kunststoffe — Ungesättigte Polyesterharze — Bestimmung der Gelzeit bei Umgebungstemperatur (ISO 2535:2001); Deutsche Fassung EN ISO 2535:2002*

DIN EN ISO 2555:2018-09, *Kunststoffe — Harze im flüssigen Zustand, als Emulsionen oder Dispersionen — Bestimmung der scheinbaren Viskosität mit einem Rotationsviskosimeter mit Einzelzylinder (ISO 2555:2018); Deutsche Fassung EN ISO 2555:2018*

DIN EN ISO 3521:1999-10, *Kunststoffe — Ungesättigte Polyester und Epoxidharze — Bestimmung der Gesamtvolumenschwindung (ISO 3521:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3521:1999*

DIN EN ISO 6721-1:2011-08, *Kunststoffe — Bestimmung dynamisch-mechanischer Eigenschaften — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 6721-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 6721-1:2011*

DIN EN ISO 8510-2:2010-12, *Klebstoffe — Schälprüfung für flexibel/starr geklebte Proben — Teil 2: 180-Grad-Schälversuch (ISO 8510-2:2006); Deutsche Fassung EN ISO 8510-2:2010*

DIN EN ISO 9142:2004-05, *Klebstoffe — Auswahlrichtlinien für Labor-Alterungsbedingungen zur Prüfung von Klebverbindungen (ISO 9142:2003); Deutsche Fassung EN ISO 9142:2003*

DIN EN ISO 9653:2000-10, *Klebstoffe — Prüfverfahren für die Scherschlagfestigkeit von Klebungen (ISO 9653:1998); Deutsche Fassung EN ISO 9653:2000*

DIN EN ISO 9664:1995-08, *Klebstoffe — Verfahren zur Prüfung der Ermüdungseigenschaften von Strukturklebungen bei Zugscherbeanspruchung (ISO 9664:1993); Deutsche Fassung EN ISO 9664:1995*

DIN EN ISO 11339:2010-06, *Klebstoffe — T-Schälprüfung für geklebte Verbindungen aus flexiblen Fügeteilen (ISO 11339:2010); Deutsche Fassung EN ISO 11339:2010*

DIN EN ISO 11357-1:2017-02, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 11357-1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 11357-1:2016*

DIN EN ISO 11357-2:2014-07, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 2: Bestimmung der Glasübergangstemperatur und der Glasübergangsstufenhöhe (ISO 11357-2:2013); Deutsche Fassung EN ISO 11357-2:2014*

DIN EN ISO 11357-3:2018-07, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 3: Bestimmung der Schmelz- und Kristallisationstemperatur und der Schmelz- und Kristallisationsenthalpie (ISO 11357-3:2018); Deutsche Fassung EN ISO 11357-3:2018*

DIN EN ISO 11357-4:2014-10, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 4: Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität (ISO 11357-4:2014); Deutsche Fassung EN ISO 11357-4:2014*

DIN EN ISO 11357-5:2014-07, *Kunststoffe — Dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC) — Teil 5: Bestimmung von charakteristischen Reaktionstemperaturen und -zeiten, Reaktionsenthalpie und Umsatz (ISO 11357-5:2013); Deutsche Fassung EN ISO 11357-5:2014*

DIN EN ISO 11358-1:2014-10, *Kunststoffe — Thermogravimetrie (TG) von Polymeren — Teil 1: Allgemeine Grundsätze (ISO 11358-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 11358-1:2014*

DIN EN ISO 15785:2002-12, *Technische Zeichnungen — Symbolische Darstellung und Angabe von Klebe-, Falz- und Druckfügeverbindungen (ISO 15785:2002); Deutsche Fassung EN ISO 15785:2002*

DIN EN ISO 22007-4:2017-11, *Kunststoffe — Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit und der Temperaturleitfähigkeit — Teil 4: Laserblitzverfahren (ISO 22007-4:2017); Deutsche Fassung EN ISO 22007-4:2017*

DIN EN ISO 29863:2021-11, *Klebebänder — Messung des Scherwiderstandes unter statischer Belastung (ISO 29863:2018); Deutsche Fassung EN ISO 29863:2019*

DIN ISO 3696:1991-06, *Wasser für analytische Zwecke; Anforderungen und Prüfungen; Identisch mit ISO 3696:1987*

EUROPEAN STANDARD

EN 16602-70-16

NORME EUROPÉENNE

EUROPÄISCHE NORM

October 2021

ICS 49.025.50; 49.140

English version

Space engineering - Adhesive bonding for spacecraft and launcher applications

Assurance produit des projets spatiaux -
Utilisations du collage pour les structures satellites
et lanceurs

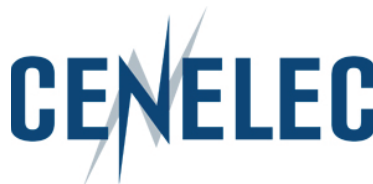
Raumfahrttechnik -
Kleben für Raumfahrzeug- und
Trägeranwendungen

This European Standard was approved by CEN on 22 February 2021.

CEN and CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN and CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN and CENELEC member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN and CENELEC members are the national standards bodies and national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



CEN-CENELEC Management Centre:
Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

Table of contents

European Foreword.....	7
Introduction.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms.....	11
3.1 Terms from other standards.....	11
3.2 Terms specific to the present standard	11
3.3 Abbreviated terms.....	14
3.4 Nomenclature	15
4 Principles of adhesive bonding.....	17
4.1 Overview	17
4.2 Design of hardware.....	17
4.3 Performance of the adhesive bond	18
4.4 Adhesive bonding process.....	18
5 Selection of adhesive	20
5.1 Overview	20
5.2 Analysis of adhesive application	20
6 Definition of adhesive bonding process.....	23
6.1 Adhesive bonding process requirements	23
6.2 Adhesive bonding procedure	23
6.3 Adhesive bonding process traceability	23
7 Verification of adhesive bonding	25
7.1 Overview	25
7.2 Adhesive bonding test plan.....	25
7.3 Adhesive bonding test report	25
7.4 Test item bonding procedure	26
7.5 Test item configuration	26
7.6 Test item identification	27

7.7	Verification test sequence.....	27
7.7.1	General.....	27
7.8	Test item manufacturing	28
7.9	Test item conditioning.....	29
7.10	Simulation of on-ground environmental exposure	29
7.11	Simulation of launch environmental exposure.....	31
7.11.1	Overview.....	31
7.11.2	Test definition.....	31
7.12	Simulation of mission environmental exposure	31
7.12.1	Overview.....	31
7.12.2	Thermal cycling test conditions	31
7.13	Inspection before, during and after environmental exposure.....	33
7.14	Test before, during and after environmental exposure	33
8	Quality assurance.....	35
8.1	Overview	35
8.2	General.....	35
8.3	Procurement.....	35
8.4	Hazard, health and safety precautions.....	36
8.5	Incoming inspection.....	36
8.6	Traceability	37
8.7	Tooling and equipment control.....	37
8.8	Workmanship.....	38
8.9	Handling and storage.....	38
8.10	Inspection and bonding process control.....	39
8.11	Operator and inspector training.....	40
8.12	Nonconformance	41
Annex A	(normative) Adhesive bonding procedure – DRD	42
A.1	DRD identification	42
A.1.1	Requirement identification and source document.....	42
A.1.2	Purpose and objective.....	42
A.2	Expected response	42
A.2.1	Scope and content	42
A.2.2	Special remarks	43
Annex B	(normative) Adhesive bonding test plan - DRD	44
B.1	DRD identification	44
B.1.1	Requirement identification and source document.....	44

B.1.2	Purpose and objective.....	44
B.2	Expected response	44
B.2.1	Scope and content	44
B.2.2	Special remarks	44
Annex C (normative)	Adhesive bonding test report -DRD	45
C.1	DRD identification	45
C.1.1	Requirement identification and source document.....	45
C.1.2	Purpose and objective.....	45
C.2	Expected response	45
C.2.1	Scope and content	45
C.2.2	Special remarks	46
Annex D (informative)	Examples of techniques used for adhesive material characterization (bulk)	47
D.1	Overview	47
D.2	Rheology	47
D.3	Adhesive density and shrinkage	48
D.4	Outgassing	48
D.5	Differential Scanning Calorimetry (DSC).....	49
D.6	Thermogravimetric analysis (TGA)	49
D.7	Dilatometry and Thermomechanical Analysis (TMA).....	50
D.8	Dynamic Mechanical Analysis (DMA)	50
D.9	Tensile strength and Young's modulus	50
D.10	Shear strength and shear modulus (adhesive material)	51
D.11	Compression strength and modulus	51
D.12	Electrical resistivity	52
D.13	Thermal conductivity.....	52
D.14	Thermo-optical properties	52
D.15	Transmittance.....	52
D.16	Water absorption	53
Annex E (informative)	Characterisation of adhesive in bonded assembly configuration	55
E.1	Overview	55
E.2	Adhesive bonding test	55
E.3	Strength of bonded joints.....	56
E.3.1	Single Lap Shear Strength – thin adherends.....	56
E.3.2	Lap shear –thick adherend test	56
E.3.3	Peel strength test	56

E.3.4	Testing of peel strength on Pressure sensitive tapes (PSA)	57
E.3.5	Tensile butt joint tests	57
E.3.6	Special tests.....	57
E.4	Fracture mechanics of adhesively bonded joints.....	58
E.4.1	Fracture mechanics test methods	58
E.5	Adhesive characteristics to be verified by test (in bonded assemblies)	59
Annex F (informative) Ageing effects on adhesively bonded joints		63
F.1	Introduction.....	63
F.2	Ageing of adhesively bonded joints.....	63
F.2.1	Natural ageing.....	63
F.2.2	Accelerated ageing	63
F.2.3	Fick's law	64
F.2.4	Second Fick's law	65
F.2.5	Water diffusion mechanisms and degradation models of adhesive joints	67
F.2.6	Summary	73
F.3	Examples of hot-wet exposure conditions to be used in verification sequence for spacecraft and launchers.....	74
F.3.1	Satellites, in-orbit units, probes	74
F.3.2	The accelerated ageing of adhesively bonded assemblies for launcher applications	77
F.3.3	Examples of hot-wet exposure tests.....	78
Annex G (informative) System for training and qualification of adhesive bonding personnel.....		80
Bibliography.....		83
 Figures		
Figure 4-1: Overview of the constraints linked to adhesive bonds for space applications (not exhaustive).....		17
Figure 4-2: Overview on some parameters influencing the adhesive bond and its design		19
Figure 7-1: Flow chart with adhesive bonding verification sequence.....		28
Figure E-1 : Average strength and standard deviation in tension, compression and shear for different angles of solicitation (0°, 30°, 60°, 90°, 120°) of EA9394 adhesive [ref Gregory Bresson, "Collage fiable pour l'espace : influence de la qualité des procédés et dimensionnement des assemblages", thèse Université Bordeaux I, 2011]		58
Figure E-2 : Examples of crack propagation modes and various test setups (courtesy ArianeGroup)		59

Figure F-1 : Example of non-linear evolution of Csat with RHeq for Glass fiber/epoxy resin [courtesy Ariane group].....	66
Figure F-2 : Example of determination Deff and Csat parameters from absorption curve; case of Glass fiber/epoxy resin with 65°C and RH=60% condition [property Ariane group], follows Fickian behaviour [courtesy ArianeGroup].....	67
Figure F-3 : Illustration of a non-Fickian behaviour and evolution with sorption cycles of one component epoxy adhesive, (up) normalised mass uptake –various models, (down) moisture uptake and de-sorption [Mubashar, I. A. et al., 2009].....	68
Figure F-4 : The effect of ambient exposure in a controlled environment on single lap shear strength of two component epoxy resin on aluminium as a function of time [M. Chevalier, 2008]	71
Figure F-5 : The effect of ambient exposure in a controlled environment on single lap shear fracture mode as a function of time [M. Chevalier, 2008]	72
Figure F-6 : Evolution of single lap shear strength as a function of exposure duration in an ambient controlled environment [IFAM Fraunhofer, 2017]	73
Figure G-1 : The International Training and Qualification system for Personnel [Quintino L. et al.]	80

Tables

Table D-1 : Summary of relevant test standards for determination of bulk properties of adhesive material	54
Table E-1 : Commonly applied test methods and related standards	60
Table F-1 : Example of the classification of adhesive bonding process in spacecraft and launcher applications based on its criticality	75
Table F-2 : Examples of adhesive bonding applications and their sensitivity to on-ground humidity exposure (based on their failure occurrence)	76
Table F-3 : Example table with assessment for implementation of hot-wet exposure into the verification sequence (step: simulation of on-ground exposure)	77
Table F-4 : Examples of standard conditions for hot-wet exposures	78
Table F-5 : Examples of standard durability tests (mechanical and humidity stress combined)	79
Table G-1 : The list of entities eligible to provide training for adhesive bonding*	82

European Foreword

This document (EN 16602-70-16:2021) has been prepared by Technical Committee CEN-CENELEC/TC 5 “Space”, the secretariat of which is held by DIN.

This standard (EN 16602-70-16:2021) originates from ECSS-Q-ST-70-16C.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by April 2022, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by April 2022.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CEN shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

This document has been prepared under a standardization request given to CEN by the European Commission and the European Free Trade Association.

This document has been developed to cover specifically space systems and has therefore precedence over any EN covering the same scope but with a wider domain of applicability (e.g. : aerospace).

According to the CEN-CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and the United Kingdom.

Introduction

Adhesive materials have a wide range of uses within the space domain however they are often qualified as a minor or negligible part of a large subsystem or system. This frequently results in unforeseen effects arising directly from the adhesive selection which impacts either the functionality, integrity or AIT activities. As a consequence whilst the adhesive is often the lowest cost element of the system it frequently has a high cost associated with the necessary recovery and delta qualification activities need to ensure the system level functionality. Both the system level qualification and any recovery actions are further complicated by the intrinsic relationship between the adhesive performance, the adherend and all the processes associated with the manufacture of the adhesive bond.

European space agencies and the space industry at present have a general handbook available for adhesive bonding (ECSS-E-HB-32-21) however there is no fixed scheme detailing the minimum requirements for verification of adhesive bonding process nor validation of an adhesive material.

Standardisation of the verification processes for adhesives and adhesive bonding across the European space industry is allowing a harmonised and consistent approach.

The generic approach facilitates the correct selection of data thus allowing streamlining of the industrial development activities and enabling the validation of adhesives and verification of adhesive bonding process at an early stage of a programmes lifetime.

This standard is further justified because of the high level of non-conformances (NCR) identified across industry due to limited early programmatic qualification programmes related to adhesive bonding and characterisation of adhesive materials.

1

Scope

The scope of the document addresses the generic verification for all types of adhesive bonding for space applications including evaluation phases. This standard covers all aspects of the adhesive bonding lifetime such as assembly, integration and testing, on-ground acceptance testing, storage, transport, pre-launch, launch and in-flight environments.

This standard does not cover requirements for:

- Adhesive bonding used in EEE mounting on printed circuit boards (for this subject see ECSS-Q-ST-70-61)
- Adhesive bonding used in hybrid manufacturing (for this subject see ESCC 2566000)
- Adhesive bonding for cover-glass on solar cell assemblies (for this subject see ECSS-E-ST-20-08)
- Design of adhesive joints (for this subject see ECSS-E-ST-32)
- Long term storage and long term storage sample testing
- Performance of adhesive bonds
- Functional properties of adhesive joints
- Co-curing processes
- Life-time aging prediction, neither on ground (humidity) nor in-orbit (thermal cycling)

This standard may be tailored for the specific characteristics and constraints of a space project in conformance with ECSS-S-ST-00.

Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this ECSS Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revision of any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this ECSS Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the more recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the publication referred to applies.

EN reference	Reference in text	Title
EN 16601-00-01	ECSS-S-ST-00-01	ECSS system – Glossary of terms
EN 16603-32	ECSS-E-ST-32	Space engineering – Structural general requirements
EN 16602-10	ECSS-Q-ST-10	Space product assurance -Product assurance management
EN 16602-10-09	ECSS-Q-ST-10-09	Space product assurance -Nonconformance control system
EN 16602-20	ECSS-Q-ST-20	Space product assurance -Quality assurance
EN 16602-40	ECSS-Q-ST-40	Space product assurance - Safety
EN 16602-70	ECSS-Q-ST-70	Space product assurance – Materials, mechanical parts and processes
EN 16602-70-02	ECSS-Q-ST-70-02	Space product assurance - Thermal vacuum outgassing test for the screening of space materials
EN 16602-70-09	ECSS-Q-ST-70-09	Space product assurance - Measurements of thermo-optical properties of thermal control materials
EN 16602-70-22	ECSS-Q-ST-70-22	Space product assurance - Control of limited shelf-life materials
EN 16602-70-71	ECSS-Q-ST-70-71	Space product assurance - Materials, processes and their data selection
	ISO 472:2013/ Amd 1:2018	Plastics - Vocabulary - Amendment 1: Additional items
	ISO 3696:1987	Water for analytical laboratory use - Specification and test methods
	ISO 15785:2002	Technical drawings — Symbolic presentation and indication of adhesive, fold and pressed joints

Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms from other standards

- a. For the purpose of this Standard, the terms and definitions from ECSS-S-ST-00-01 apply.
- b. For the purpose of this Standard, the terms and definitions from ECSS-Q-ST-70 apply, in particular for the following terms:
 - 1. critical process
 - 2. critical material
 - 3. special process
 - 4. request for approval
- c. For the purpose of this Standard, the terms and definitions from ECSS-Q-ST-40 apply, in particular for the following term:
 - 1. criticality

3.2 Terms specific to the present standard

3.2.1 adherend

body that is, or is intended to be, held to another body
[ISO 472:2013/Amd 1:2018]

3.2.2 adhesion

state in which two surfaces are held together by interfacial forces which can consist of chemical or mechanical or physical interfacial forces

3.2.3 adhesive bond

see “adhesive joint”

NOTE The term “adhesive joint” is commonly used, but for the process the term “bonding”.

3.2.4 adhesive bonding procedure

detailed instructions, equipment and tools needed to perform the adhesive bonding

NOTE Refer to Annex A for the detailed content.

3.2.5 adhesive bonding process

material joining process where an adhesive material is added in order to maintain chemical, mechanical or physical interfacial forces between bonded parts

NOTE The joining mechanism between adhesive and bonded parts, also called “adherend”, is adhesion-based. According to ECSS-Q-ST-70, adhesive bonding belongs to category of “special processes”.

3.2.6 adhesive joint

joint of two or more parts of similar or different materials made using adhesives
[ISO 15785:2002]

NOTE The term “adhesive bond” is synonymous

3.2.7 adhesive material

substance with the capability of holding two surfaces together by either chemical, physical or mechanical interfacial forces or a combination of them

NOTE The concept of adhesive materials is addressed in ECSS-E-HB-32-21.

3.2.8 ambient exposure in a controlled environment

item is exposed to ambient air with temperature in the range of $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$, and relative humidity $(55 \pm 10) \%$

NOTE 1 Long term exposure to these conditions can cause degradation of the adhesive joint's performance.

NOTE 2 Contributes to “intrinsic ageing” of the joints.

3.2.9 co-curing

earliest stage of the manufacturing process, resulting in a fully integrated component

NOTE 1 The joining mechanism is chemical cross-linking. Both adherends are undergoing chemical reaction.

NOTE 2 This standard does not cover requirements for the verification of co-curing processes.

3.2.10 co-bonding

intermediate stage of a manufacturing process when an uncured part is joined with one or more cured parts, typically with an additional layer of uncured adhesive

NOTE 1 The joining mechanism between the adhesive and the cured part is adhesion. Between the uncured part and uncured adhesive layer chemical cross-linking is taking place.

NOTE 2 Further text refers only to adhesive bonding or co-bonding (uncured adhesive, cured adherend) or to bonding with pressure sensitive tapes (PSAs).

3.2.11 degradation

undesired change of property of interest in a given time interval

3.2.12 hot-wet exposure

exposure where the test item is subjected to synergistic effect of gaseous water phase and temperature

NOTE 1 The test item is exposed to conditions where temperature and water vapour pressure, typically >25 °C and >65 % RH), are higher than in a controlled environment

NOTE 2 Performed in frame of simulation of on-ground environment within adhesive bonding verification test sequence or as part of independent hot-wet testing

NOTE 3 Inspection and verification of the test item before and after hot-wet exposure is non-destructive and does not prevent test item to be submitted for further testing in frame of verification test sequence

NOTE 3 Also known as “humidity exposure”

3.2.13 hot-wet testing

test where the test item is subjected to hot-wet exposure and the effect of hot-wet exposure is verified after hot-wet exposure is performed

NOTE 1 Hot-wet exposure can be performed in combination with other additional stresses, e.g. mechanical, chemical or electrical

NOTE 2 Functional properties of test item can be verified during hot-wet exposure “in-situ” conditions

NOTE 3 In hot-wet testing of the adhesively bonded joints, hot-wet exposure is typically followed by mechanical tests to verify degradation of the joint and reduction factor associated with hot-wet exposure

NOTE 4 Also known as “damp-heat” testing or “humidity testing”

3.2.14 knock-down factor (KDF)

overall factor that is applied to the material property to account for variations in material composition, service environment and structural geometry

NOTE It can consist of several reduction factors.

3.2.15 reduction factor

ratio between mean value of given material property of exposed test item set and of reference (unexposed) test item sets

NOTE Can be expressed as fraction or as percentage of initial reference value (remaining percentage of the property of interest).

3.2.16 representativeness level of test item

definition of how well or accurately the test item reproduces the similarity to flight model configuration

3.2.17 structural bond

bond which is capable of sustaining in a structure a specified strength level under a combination of stresses for a specified period of time

NOTE 1 to entry: The combination of stresses can, for example, include peel and shear forces, fluctuating loads, environmental exposure and steady load. An adhesive that is capable of forming a structural bond is commonly referred to as a "structural adhesive".

NOTE 2 The term "structural joint" is synonymous

[ISO 472:2013]

3.2.18 test item

manufactured assembly undergoing verification test sequence

NOTE The test item can be standard test sample, component or part fully representative to the flight hardware.

3.2.19 test item population

group of test items sets manufactured to complete specific test sequence, including all reference test items, on-ground simulation test items, mission simulation test items and launch simulation test items and spare test items

NOTE Group of items with same manufacturing history.

3.2.20 test item set

test items that follow an identical test sequence

3.3 Abbreviated terms

For the purpose of this Standard, the abbreviated terms and symbols from ECSS-S-ST-00-01 and the following apply:

Abbreviation	Meaning
AIT	assembly, integration and test
CME	coefficient of moisture expansion
CTE	coefficient of thermal expansion
DMA	dynamic mechanical analysis

Abbreviation	Meaning
AIT	assembly, integration and test
DPL	declared process list
DRD	document requirements definition
DSC	differential scanning calorimetry
MLI	multi-layer insulation
MMPP	materials, mechanical parts and processes
NDI	non-destructive inspection
PA	product assurance
PPE	personal protective equipment
PSA	pressure sensitive adhesive
RFA	request for approval
RH	relative humidity
SDS	safety data sheet
T _g	glass transition temperature
TDS	technical data sheet
TGA	thermo-gravimetric analysis
TMA	thermo-mechanical analysis
TVC	thermal vacuum cycling
UV	ultraviolet

3.4 Nomenclature

The following nomenclature applies throughout this document:

- a. The word “shall” is used in this Standard to express requirements. All the requirements are expressed with the word “shall”.
- b. The word “should” is used in this Standard to express recommendations. All the recommendations are expressed with the word “should”.

NOTE It is expected that, during tailoring, recommendations in this document are either converted into requirements or tailored out.

- c. The words “may” and “need not” are used in this Standard to express positive and negative permissions, respectively. All the positive permissions are expressed with the word “may”. All the negative permissions are expressed with the words “need not”.
- d. The word “can” is used in this Standard to express capabilities or possibilities, and therefore, if not accompanied by one of the previous words, it implies descriptive text.

NOTE In ECSS “may” and “can” have completely different meanings: “may” is normative (permission), and “can” is descriptive.

- e. The present and past tenses are used in this Standard to express statements of fact, and therefore they imply descriptive text.

Principles of adhesive bonding

4.1 Overview

Adhesive bonding for space hardware varies from bonding of for example cable ties, to the complex structural bonding of load bearing parts. Some adhesive bonds can be inside the spacecraft, while others are exposed to space conditions including sometimes large temperature variations and radiation. Therefore the lifetime of each adhesive bond is carefully assessed before starting the bonding process. An overview of the different factors affecting the adhesive bonding performance is given in Figure 4-1.

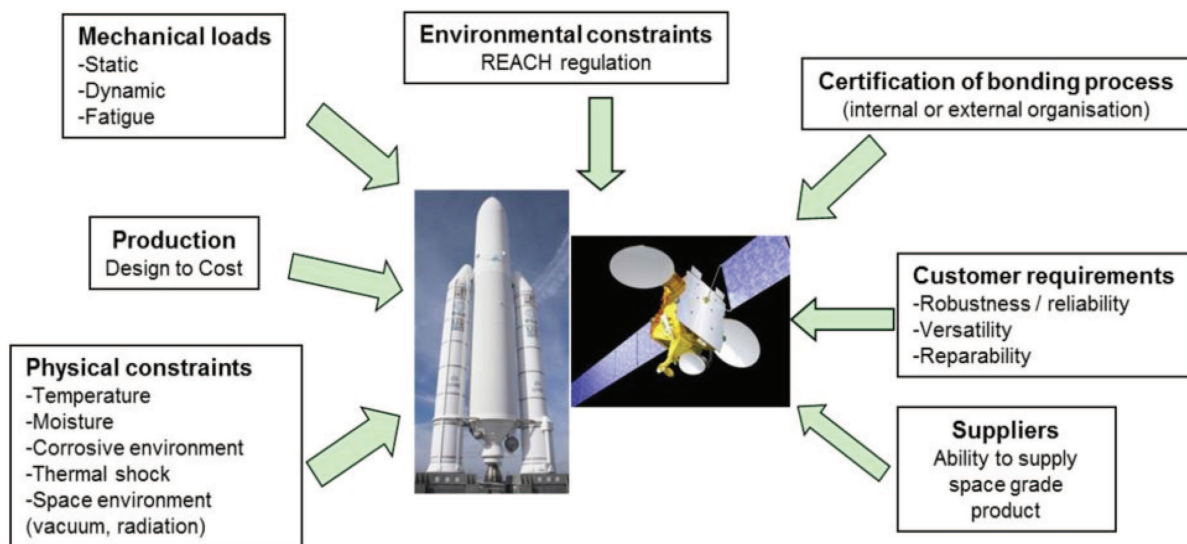


Figure 4-1: Overview of the constraints linked to adhesive bonds for space applications (not exhaustive)

4.2 Design of hardware

The design of bonded hardware involves parameters such as load direction and magnitude, CTEs, bonding gaps, accessibility. A detailed overview on how to design an adhesive joint can be found in sections 8 to 11 of ECSS-E-HB-32-21.

Designers or sizing engineers have a good understanding of how stresses are distributed across the joint when loads (mechanical and thermal) are applied to it. Typically they consider the general guideline for adhesive bonds to:

- Maximize shear and minimize peeling and cleavage load
- Maximize compression and minimize tensile loads
- Optimize the bond length to width ratio for shear loading

NOTE Increase the bond width is more efficient than to increase the bond length.

- In case of using fibre composite adherends the fibre orientation of the first ply is taken into account to optimize the joint performance.

4.3 Performance of the adhesive bond

After having defined the basic design of the hardware and the parts that are bonded, the analysis of the adhesive bond is performed. This analysis can focus on joint design, adhesive material properties and environmental constraints, see Figure 4-2.

The needed performance of the adhesive bond has an influence on the choice of the adhesive itself, regarding for example strength, curing process, surface treatment of the adherend and temperature stability.

More information on surface treatments of the adherends can be found in section 12 of ECSS-E-HB-32-21 and in ISO 17212:2012.

In case the needed performance cannot be achieved with the adhesives and surface preparations available, the design is changed to generate a more bonding-friendly setup (see Figure 4-2) or changed to another (for example mechanical) joining method.

4.4 Adhesive bonding process

The adhesive bonding process is considered as a “special process” in accordance with ECSS Q-ST-70 and generally taken into account in the early stages of the project.

The amount of time and personnel needed to perform the bonding depends on parameters like, the overall surface area, type of surface preparation, treatment, possible primer application, pot life and curing of the adhesive.

The bonding process steps can be described in individual procedures. For example the adhesive bonding procedure can refer to sub- procedures.

Examples of adhesive bonding process steps:

- a. Preparation of bonded parts (degreasing, cleaning, ultrasonic bath with organic solvents, drying condition)
- b. Surface treatment (by mechanical, chemical and physical means)
- c. Surface post-treatment (incl. final surface cleaning, surface protection and conditions of storage if not bonded immediately)
- d. Surface activation (by mechanical, chemical and physical means)

NOTE Adherends such as polymers can need a dedicated surface treatment to increase their surface energy.

- e. Surface quality verification (for example surface energy, roughness, wettability)
- f. Positioning and alignment of adherends
- g. Adherend priming (if any)

- h. Adhesive preparation (including conditioning and mixing)
- i. Adhesive application
- j. Adhesive curing in bonded assembly
- k. Bonded assembly verification (NDI inspection after cure – visual, dimensional check, mechanical load proof test)

NOTE 1 The same process steps are applicable for in-process samples.

NOTE 2 This list with examples is not exhaustive and steps are not mentioned in a strict chronological order.

In the case of adherends that are sensitive to ageing in storage conditions (UV, humidity, temperature over time) a specific surface preparation process can be applied to remove the affected surface layer.

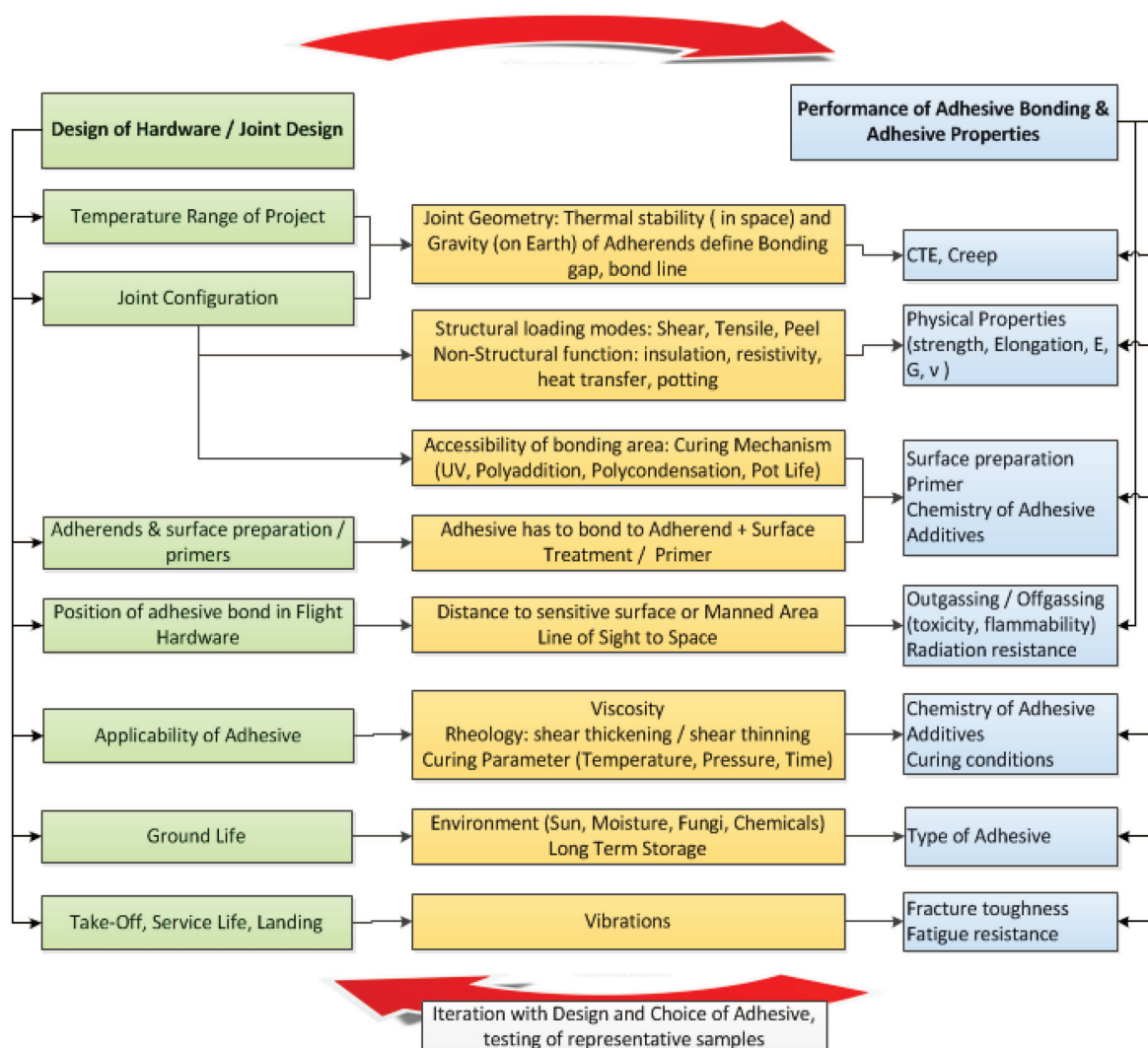


Figure 4-2: Overview on some parameters influencing the adhesive bond and its design

For a more detailed design chart see Figure 10.16-1 in ECSS-E-HB-32-21.

Selection of adhesive

5.1 Overview

The selection of an appropriate adhesive depends on a wide range of factors from early stage of manufacturing over service life till the end of mission. The ECSS Adhesive Bonding Handbook ECSS-E-HB-32-21 gives information about adhesive characteristics and properties and adhesive selection.

5.2 Analysis of adhesive application

- a. Selection of materials for adhesives shall be in compliance with requirements from clause 5 of ECSS-Q-ST-70.

NOTE Requirements from clause 5 of ECSS-Q-ST-70 include: for example: vacuum, radiation, moisture.

- b. Selection of adhesives shall be in compliance with clause 4.2.11 of ECSS-Q-ST-70-71.
- c. Depending on the cured adhesive properties, selection of adhesives shall be in compliance with requirements from clauses 4.2.17, 4.2.18 and 4.2.19 of ECSS-Q-ST-70-71.

NOTE Adhesive materials can be also grouped to elastomers (clause 4.2.17), thermoplastic (4.2.18) and thermosets (4.2.19).

- d. Selection of adhesive tapes shall be in compliance with clause 4.2.12 of ECSS-Q-ST-70-71.
- e. The outgassing characteristics of selected adhesive material in cured state shall be in compliance with requirements from clause 5 of ECSS-Q-ST-70-02.

NOTE For launcher applications when the adhesive material is not facing the spacecraft (for example lower stages of launcher, ground segment support applications), the requirements on cleanliness and contamination and outgassing specified in clause 5 of ECSS-Q-ST-70-02 can be tailored.

- f. An assessment of the bonding application shall be performed as basis for the adhesive selection.
- g. The assessment should include, but is not limited to:
 - 1. Joints design
 - (a) Mechanical loads
 - (b) Thermo-mechanical loads