

# DIN EN 15305:2009-01 (D)

## Zerstörungsfreie Prüfung - Röntgendiffraktometrisches Prüfverfahren zur Ermittlung der Eigenspannungen; Deutsche Fassung EN 15305:2008

---

Inhalt	Seite
Vorwort .....	5
Einleitung .....	6
1 Anwendungsbereich .....	7
2 Normative Verweisungen .....	7
3 Begriffe, Definitionen und Symbole .....	8
3.1 Begriffe und Definitionen.....	8
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	8
4 Grundlagen .....	10
4.1 Allgemeine Messgrundlagen.....	10
4.2 Biaxiale Spannungsanalyse .....	12
4.3 Triaxiale Spannungsanalyse .....	14
5 Proben .....	15
5.1 Materialkenngrößen .....	15
5.1.1 Allgemeines .....	15
5.1.2 Form, Maße und Masse.....	15
5.1.3 Zusammensetzung/Homogenität der Probe .....	15
5.1.4 Korngröße und beugende Domänen .....	16
5.1.5 Transparenz der Probe für Röntgenstrahlung .....	16
5.1.6 Beschichtungen und dünne Schichten.....	16
5.2 Vorbereitung der Proben .....	16
5.2.1 Vorbereitung der Oberfläche.....	16
5.2.2 Erfassung des Tiefenprofils der Spannung.....	17
5.2.3 Große oder kompliziert gestaltete Proben.....	17
6 Prüfeinrichtung.....	17
6.1 Allgemeines .....	17
6.2 Auswahl der Prüfeinrichtung .....	18
6.2.1 Allgemeines .....	18
6.2.2 Das $\omega$ -Verfahren.....	19
6.2.3 Das $\chi$ -Verfahren .....	21
6.2.4 Das modifizierte $\chi$ -Verfahren.....	21
6.2.5 Sonstige Geometrien .....	22
6.3 Auswahl der Strahlung .....	22
6.4 Auswahl des Detektors.....	24
6.5 Leistung der Prüfeinrichtung .....	24
6.5.1 Justage .....	24
6.5.2 Leistung des Goniometers .....	25
6.6 Qualifizierung (Prüfung der Eignung) und Verifizierung der Prüfeinrichtung .....	25
6.6.1 Allgemeines .....	25
6.6.2 Qualifizierung.....	25
6.6.3 Verifizierung der Leistung der qualifizierten Prüfeinrichtung .....	27
7 Experimentelles Verfahren .....	28
7.1 Allgemeines .....	28
7.2 Positionierung der Probe .....	28
7.3 Beugungsbedingungen .....	28
7.4 Datenerfassung .....	29
8 Datenverarbeitung.....	31

8.1	Allgemeines.....	31
8.2	Verarbeitung der Beugungsdaten.....	31
8.2.1	Allgemeines.....	31
8.2.2	Korrekturen der Intensitäten .....	31
8.2.3	Bestimmung der Beugungslinienposition .....	31
8.2.4	Korrektur der Beugungslinienposition.....	32
8.3	Spannungsberechnung.....	32
8.3.1	Berechnung von Dehnungen und Spannungen .....	32
8.3.2	Fehler und Unsicherheiten [16], [17].....	33
8.4	Kritische Bewertung der Ergebnisse.....	34
8.4.1	Allgemeines.....	34
8.4.2	Visuelle Prüfung.....	34
8.4.3	Quantitative Prüfung .....	35
9	Prüfbericht.....	36
10	Experimentelle Bestimmung der XECs .....	37
10.1	Einleitung.....	37
10.2	Belastungseinrichtung.....	37
10.3	Probe.....	38
10.4	Kalibrierung der Belastungseinrichtung und der Aufnahme für die Probe.....	38
10.5	Diffraktometermessungen .....	39
10.6	Berechnung der XECs.....	39
11	Referenzproben.....	40
11.1	Einleitung.....	40
11.2	Spannungsfreie Referenzprobe .....	40
11.2.1	Allgemeines.....	40
11.2.2	Vorbereitung der spannungsfreien Probe .....	40
11.2.3	Messverfahren.....	41
11.3	Spannungsbeaufschlagte Referenzprobe.....	41
11.3.1	Spannungsbeaufschlagte, durch ein Laboratorium qualifizierte (LQ)-Referenzprobe .....	41
11.3.2	Spannungsbehaftete, durch mehrere Laboratorien qualifizierte (ILQ)-Referenzprobe.....	42
12	Grenzfälle.....	42
12.1	Einleitung.....	42
12.2	Vorhandensein eines Spannungsgradienten unterhalb der Oberfläche .....	43
12.3	Spannungsgradient in der Oberfläche .....	43
12.4	Oberflächenrauheit.....	43
12.5	Nicht ebene Oberflächen .....	43
12.6	Einflüsse der Mikrostruktur der Probe .....	44
12.6.1	Texturierte Materialien .....	44
12.6.2	Mehrphasige Materialien.....	44
12.7	Breite Beugungslinien.....	45
Anhang A (informativ) Schematische Darstellung des Europäischen XRPD-Normungsprojektes .....		47
Anhang B (informativ) Ursachen für Eigenspannungen .....		48
B.1	Allgemeines.....	48
B.2	Mechanische Prozesse .....	48
B.3	Thermische Prozesse.....	48
B.4	Chemische Prozesse.....	48
Anhang C (normativ) Bestimmung des Spannungszustands — Allgemeines Verfahren .....		49
C.1	Allgemeines.....	49
C.2	Anwendung der exakten Verformungsdefinition .....	50
C.2.1	Allgemeines.....	50
C.2.2	Bestimmung der Komponenten des Spannungstensors .....	50
C.2.3	Bestimmung von $\theta$ und $d_0$ .....	51
C.3	Anwendung einer Näherung für die Verformungsdefinition.....	51
C.3.1	Allgemeines.....	51
C.3.2	Bestimmung der Komponenten des Spannungstensors .....	52
C.3.3	Bestimmung von $\theta_0$ und von $d_0$ .....	52

<b>Anhang D (informativ) Neueste Entwicklungen</b> .....	<b>53</b>
D.1 Spannungsmessung unter Anwendung zweidimensionaler Beugungsdaten.....	53
D.2 Bewertung der Eigenspannung im Oberflächenbereich mit Tiefenauflösung — Das Vektor-Streuverfahren.....	56
D.3 Genauigkeitsverbesserung durch Anwendung von Gleichgewichtsbedingungen zur Bestimmung des Spannungsprofils.....	56
<b>Anhang E (informativ) Einzelheiten zur Behandlung der Messdaten</b> .....	<b>57</b>
E.1 Korrektur der gemessenen Intensität.....	57
E.1.1 Allgemeines .....	57
E.1.2 Divergenzblenden-Konversion .....	57
E.1.3 Absorptionskorrektur.....	58
E.1.4 Untergrundkorrektur .....	59
E.1.5 Lorentz-Polarisationskorrektur.....	59
E.1.6 $K_{\alpha 2}$ -Abzug .....	60
E.2 Bestimmung der Beugungslinienposition.....	61
E.2.1 Schwerpunkt-Verfahren .....	61
E.2.2 Anpassung der Parabelfunktion .....	62
E.2.3 Anpassung der Profildfunktion.....	62
E.2.4 Verfahren unter Anwendung der mittleren Breite in einer Höhe von x % .....	62
E.2.5 Kreuzkorrelationsverfahren .....	62
E.3 Korrektur für die Beugungslinienposition.....	63
E.3.1 Allgemeines .....	63
E.3.2 Verbleibende Dejustagen .....	63
E.3.3 Transparenz-Korrektur.....	64
<b>Anhang F (informativ) Allgemeine Beschreibung der Messverfahren</b> .....	<b>66</b>
F.1 Einleitung .....	66
F.2 Festlegungen .....	66
F.3 Beschreibung der verschiedenen Messverfahren .....	69
F.3.1 Allgemeines Verfahren.....	69
F.3.2 Omega ( $\omega$ )-Verfahren .....	70
F.3.3 Chi ( $\chi$ )-Verfahren .....	71
F.3.4 Verfahren mit kombinierter Kippung (auch als Streuvektor-Verfahren bezeichnet).....	73
F.3.5 Modifiziertes Chi-Verfahren.....	74
F.3.6 Verfahren mit kleinem Einstrahlwinkel .....	77
F.3.7 Modifiziertes Omega-Verfahren .....	79
F.3.8 Anwendung eines 2D-Detektors (Flächendetektors).....	79
F.4 Auswahl der Winkel $\phi$ und $\psi$ .....	80
F.5 Stereographische Projektion .....	81
<b>Anhang G (informativ) „Normales Spannungsmessverfahren“ und „dediziertes Spannungsmessverfahren“</b> .....	<b>83</b>
G.1 Einleitung .....	83
G.2 Allgemeines .....	83
G.2.1 Einleitung .....	83
G.2.2 Normales Verfahren zur Messung der Spannung für eine einzelne Probe .....	83
G.2.3 Dediziertes Spannungsmessverfahren für einander sehr ähnliche Proben .....	83
Literaturhinweise.....	85