

BEITRAG ZUR FRAGE DER GROBSTRUKTURUNTERSUCHUNGEN MIT Co^{60}

Von

T. KONKOLY

Institut für Mechanische Technologie, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 7. April 1957)

Zur Ermittlung der inneren Defekte bei metallischen Werkstoffen wird heute außer der Röntgenstrahlung die γ -Strahlung der radioaktiven Isotope bereits auf breitem Gebiet angewandt. Unter den verschiedenen Strahlern findet das Isotop Co^{60} besonders bei der Grobstrukturuntersuchung von Stahl eine mannigfaltige Verwendung.

Bei den Untersuchungen wird allgemein das Aufnahmeverfahren angewandt. Das Hauptziel ist: bei geringstem Zeitaufwand einen Fehler vom kleinsten Ausmaß im geprüften Werkstoff festzustellen. Die Beobachtung der Defekte ist um so sicherer (die Fehlererkennbarkeit um so besser), ein je dunkler und schärfer umrissenes Fehlerbild die Aufnahme ergibt [1]. In den meisten sich mit den industriellen Grobstrukturuntersuchungen mittels des Co^{60} Isotops befassenden Berichten werden demgemäß die Methoden zur Erhöhung des Filmkontrastes und der Zeichnungsschärfe sowie die Frage der zu günstigsten Meßwerten führenden Expositionen untersucht.

Schwärzungskurven für verschiedene Filmsorten wurden u. a. von CLAUSER [2], RUMJANZEW und GRIGOROWITSCH [3] veröffentlicht, mit den die einzelnen Typen kennzeichnenden Angaben sowie mit Richtlinien zur Auswahl der Filmsorte. Kontrastdiagramme wurden aus den Schwärzungskurven durch CROWTHER [4] ermittelt, der zugleich gewisse Schlußfolgerungen bezüglich der Filmsorten mitgeteilt hat. Ein Verfahren zur Erhöhung der Empfindlichkeit der Radiogramme wurde von MESCHTER [5] vorgeschlagen. Die von ihm empfohlene chemische Sensibilisierung erhöht die Kontrastwirkung und erniedrigt zugleich die Belichtungszeit bis zum 1/6 Teil ihres ursprünglichen Wertes, allerdings auf Kosten einer mäßigen Vergrößerung der Kornstruktur.

Der Begriff sowie die Wirkung und Messung der inneren Unschärfe wurde zuerst von BERTHOLD [6] untersucht. KLASENS [7] hat die Einflußfaktoren getrennt und sowohl eine zur Berechnung geeignete mathematische Formel vorgeschlagen als auch Messungen durchgeführt. Die Wirkung der Verstärkerschirme — Bleiverstärker miteinbegriffen — wurde durch O'CONNOR und HIRSCHFIELD [8] untersucht. KLEIN und NISHINA [9] analysierten die Auswirkungen der diffusen Strahlung auf die innere Unschärfe und teilten auch

eine mathematische Formel für Berechnungszwecke mit. Der Autor hat ebenfalls innere Unschärfenmessungen mit Radiumstrahlern durchgeführt [10].

Mit den Meß- und Kontrollmethoden sowie mit den erreichbaren Werten der Fehlererkennbarkeit (auch *Empfindlichkeit*, *E.*: »sensitivity«, *F.*: »sensibilité«) befassen sich zahlreiche Berichte. JOHNS und GARRETT [11] haben schon für Radium grundlegende Diagramme ausgearbeitet. O'CONNOR und HIRSCHFELD [8] haben die Fehlererkennbarkeit als Funktion der Stahlwerkstoffstärke auf rechnerischem Wege ermittelt und den optimalen Wert im Bereich von 50 mm Stärke beobachtet. Über die theoretisch erreichbare günstigste Fehlererkennbarkeit hat BERTHOLD [12] Angaben veröffentlicht, und zwar für den Fall eines zwischen Bleiverstärkerfolien gesetzten Feinkornfilmes. BLONDEL und BROQUET [1] haben die Veränderung der Fehlererkennbarkeit bei gleichzeitiger Einwirkung der durchstrahlten Gußeisenstärke sowie der Schwärzung für drei verschiedene Emulsionstypen in Diagrammen zusammengefaßt. Die Fehlererkennbarkeitskurven von JOHNS und GARRETT wurden durch CARLSTRÖM [13] mit Belichtungskurven kombiniert und auf mathematischem Wege eine Formel abgeleitet, wonach der Verlauf der Fehlererkennbarkeit als Funktion der Stahlstärke berechnet wurde. Das so erhaltene Diagramm — welches analog dem von O'CONNOR und HIRSCHFELD veröffentlichten Diagramm einen Optimumwert um 50 mm aufzeigt — hat CARLSTRÖM durch Versuche bestätigt.

Nach G. SCHORR [14] kann die erreichbare Empfindlichkeit bei mit Isotopen durchgeführten Werkstoffprüfungen mit 2% festgesetzt werden. Für das Isotop Co^{60} kann man innerhalb dieser Grenze — seinem Diagramm gemäß — eine Mindeststahlstärke von 25 mm annehmen. RUMJANZEW und GRIGOROWITSCH [3] veröffentlichten ein Diagramm über den Verlauf der Fehlererkennbarkeit, wonach sich der unter 2% bleibende günstige Wert bei einer Stahlstärke von über 40 mm ergibt. Dieselbe Grenze hat NASAROW [15] in seinen Berechnungen bei 30 mm, bei seinen Messungen jedoch bei 43 mm gefunden.

Auf Grund des Prozentwertes der Fehlererkennbarkeit haben O'CONNOR und CRISCUOLO [16] einen Vorschlag veröffentlicht, wonach die Radiogramme qualitätsgemäß in Klasse I, II und III eingereiht werden sollten. Die bisher allgemein empfohlene Fehlererkennbarkeit von 2% entspricht in ihrem Entwurf — von der Stahlstärke 13 mm aufwärts — der II. Klasse. (In den Vorschriften ist das strahlende Isotop nicht näher bestimmt und kann dem Zweck entsprechend frei gewählt werden.)

Die Belichtungsstärken für das Isotop Co^{60} wurden gleichfalls für die verschiedensten Filmsorten bearbeitet. Die Kurvenschare wurden im allgemeinen für eine Schwärzung von $S = 1,0, 1,5$ oder $2,0$ bestimmt. Für den Fall einer Durchstrahlung von Stahl mittels Co^{60} wurden solche Diagramme u. a. in den Arbeiten von CLAUSER [2], ISENBURGER [17, 18], BERTHOLD, VAUPEL und WETTERNECK [19], CROXSON [20], BLONDEL und BROQUET [1], CARLSTRÖM [13], RUMJANZEW und GRIGOROWITSCH [3] und SCHORR [14] veröffentlicht.

1. Zielsetzung der Untersuchungen

Als Ziel der Versuchsserie wurde die Bestimmung einiger kennzeichnender Angaben der Filme vom Typ Agfa Texo S, Agfa Texo R und Forte für die mit dem Isotop Co^{60} durchzuführenden Grobstrukturuntersuchungen gesetzt. Die wichtigsten hiervon sind Werte der inneren Unschärfe, Angaben über Filmkontrast, Belichtungszeit — informativen Charakters — für die Durchstrahlung von Stahl sowie die bei den Untersuchungen erreichbare Fehlererkennbarkeit.

2. Meßmethode

Für die Untersuchungen wurden die Filme Agfa Texo R (mit Verstärkerschirm), Agfa Texo S (ohne Verstärker) sowie Forte verwendet. Bei den meisten Messungen wurden für die drei Filmtypen Bleiverstärkerfolien von 0,1/0,15 mm Stärke gebraucht. Einige Messungen wurden mit Kalziumwolframatschirmen vom Typ Heyden M 100 und M 200 durchgeführt. Die belichteten Filme wurden in einem Entwickler Agfa 30 behandelt.

Die *innere Unschärfe* konnte durch die Abbildung einer Bleiplattenkante und durch Mikrofotometrierung des Bildes bestimmt werden. Das Meßverfahren sowie seine Fehlergrenzen wurden vom Autor bereits in seiner in der Acta Technica (Tom. XIII. Fasc. 3—4) veröffentlichten Arbeit ausführlich besprochen [10].

Die Schwärzungskurve wurde so bestimmt, daß in einem Abstand von 5, $\sqrt{2} \cdot 5$, 10, $\sqrt{2} \cdot 10$, 20, $\sqrt{2} \cdot 20 \dots$ usw. cm vom Strahler Filmabschnitte gelegt wurden, die alle zugleich in einer gewissen Belichtungszeit bestrahlt und zusammen entwickelt wurden. Die Untersuchungen wurden mit zwischen 0,1/0,15 mm starken Bleifolien gelegten Filmen durchgeführt und danach auch mit Stahlfiltern wiederholt. Bei den letzten Aufnahmen wurde um die Strahlungsquelle ein 20 mm starker Stahlring gesetzt.

Die *Belichtungszeiten* konnten mit einem Stufenkeil bestimmt werden.

Die *Fehlererkennbarkeit* wurde mit einem Drahtsteg gemessen. Jede zur Konstruktion der Belichtungskurven nötige Aufnahme wurde derart gefertigt, daß — um die optimale Fehlererkennbarkeit festzustellen — zwischen Stufenkeil und Film ein aus Stahldrähten zusammengestellter Drahtsteg gesetzt wurde. Der Durchmesser wurde im Bereich von 0,4 mm bis 1,0 mm in Stufen von 0,05 mm, von 1,0 mm bis 2,0 mm in Stufen von 0,1 mm erhöht. Ihre Länge wurde so gewählt, daß sie in der Richtung der Keilsteigung von der dünnsten bis zur stärksten Stufe reichten, so daß das Fehlererkennbarkeitsprozent auf jede Stufe berechnet werden konnte. Obwohl die Schwärzung des Films stufenweise veränderlich war, konnte der hieraus sich ergebende Fehler erheblich verringert werden, indem mit jeder Kombination fünf Aufnahmen in ver-

schiedener Exposition, d. h. in verschiedenem Schwärzungsbereich hergestellt wurden; bei der Auswertung der Diagramme wurden aber jeweils die Angaben der die günstigsten Werte liefernden Kurvenstrecken herausgehoben.

Besonders soll bemerkt werden, daß die Feststellung der Länge, in welcher ein Draht von gegebenem Durchmesser sichtbar ist, auf bekannte Weise subjektiven Charakter besitzt. Zur Verringerung der daraus stammenden Fehler wurde die Auswertung von sechs Personen völlig unabhängig voneinander durchgeführt und die Mittelwerte der erhaltenen Angaben in die Diagramme eingetragen.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Zur Messung der inneren Unschärfe wurden mit jeder Kombination je drei Aufnahmen hergestellt. Jede Aufnahme wurde an zwei verschiedenen Stellen ausgewertet und der Mittelwert der so erhaltenen sechs Angaben berechnet. Die für die verschiedenen Film-Verstärkerschirm-Kombinationen bestimmten Mittelwerte der inneren Unschärfe wurden in Tab. I zusammengefaßt.

Aus den Schwärzungskurven können u. a. nachstehende Schlußfolgerungen gezogen werden:

1. Schwärzungskurven für die mit Bleiverstärkerfolien kombinierten Filme zeigten eine höhere Fehlererkennbarkeit als solche ohne Verstärkerschirm, jedoch konnte man keine bedeutende Kontraständerung auf Einwirkung der Bleiverstärker feststellen.

2. Der Film Agfa Texo R hat sich sowohl ohne Verstärkerschirm wie mit Bleiverstärkerfolien als empfindlicher erwiesen als die beiden anderen Filme.

Tabelle I

Werte der inneren Unschärfe für verschiedene Film-Verstärkerschirm-Kombinationen

Film	Verstärkerschirm	\bar{b} (mm)
Agfa Texo S	ohne V.	0,52
	Bleifolie 0,1/0,15 mm	0,33
	Heyden M 100	0,58
Agfa Texo R	ohne V.	0,49
	Bleifolie 0,1/0,15 mm	0,38
	Heyden M 100	0,60
Forte	ohne V.	0,51
	Bleifolie 0,1/0,15 mm	0,35

Die in reziproken Röntgeneinheiten auf $\gamma = 1$ berechnete Empfindlichkeit ist 2,44mal höher als der Film vom Typ Agfa Texo S und 2,32mal höher als der Film Forte.

3. Der aus den Schwärzungskurven berechnete Filmkontrastfaktor γ hat sich für Agfa Texo R bedeutend niedriger ergeben als für Agfa Texo S oder Forte. Die für die geraden Strecken der Kurven bestimmten Werte von γ fielen in den folgenden Wertebereich: für Agfa Texo R 1,6–1,9; für Agfa Texo S 2,5–2,8 und für Forte 2,3–2,6.

4. Vom Standpunkt des Filmkontrasts hat sich also am besten die mit Bleiverstärkerfolie versehene Kombination der Filme Agfa Texo S oder Forte bewährt. Auf Grund der Versuche kann für beide Sorten ein Belichtungs-Schwärzungsbereich von $S = 1,5$ –2,5 empfohlen werden.

Aus der densitometrischen Auswertung der vom *Stufenkeil* entnommenen Aufnahmen ergaben sich folgende Resultate:

1. Im ersten Abschnitt der Versuche wurden — zwecks annähernder Bemessung der Verstärkerwirkung — vom Stufenkeil mit verschiedenen Film-Verstärkerschirm-Kombinationen sowie ohne Verstärkerschirme Aufnahmen gefertigt. Aus einer Gegenüberstellung der für eine Schwärzung $S = 1,0$ bestimmten Belichtungszeiten wurde im Bereich von 20–60 mm Stahlstärke der Verstärkungsfaktor berechnet.

Die für eine Stahlstärke von 20–60 mm berechneten Mittelwerte der Verstärkungsfaktoren haben sich den einzelnen Kombinationen entsprechend folgendermaßen gestaltet:

Film ATS ohne Verstärker und mit Bleischirm	2,1
.. ATR Verstärker Heyden M 100	6,4
.. ATR M 200	26,0
.. ATR Bleischirm	2,3
.. ATS und ATR, beide mit Bleiverstärkerfolien	1,4
.. Forte und ATS	1,2

(Die kürzere Belichtungszeit wurde in jedem Falle durch die letztere Kombination erreicht.)

2. Im Rahmen der Untersuchungen erwies sich der Film Agfa Texo S mit 0,1/0,15 Bleiverstärkerkombination als bester. Deswegen wurden für den Fall von $f = 50$ cm Brennweite und für eine Schwärzung von $S = 1,0$ bzw. $S = 1,5$ die Belichtungskurven ermittelt, wie aus Abb. 1 ersichtlich.

3. Von der zu 50 mm Stahlstärke gehörenden Exposition des für $S = 1,0$ Schwärzung aufgezeichneten Diagramms ausgehend, wurden die Belich-

tungsstärken im Stahlstärkenbereich von 20—100 mm zugleich auch rechnerisch ermittelt. Zur Berechnung wurde folgende Beziehung (nach RUMJANZEW und GRIGOROWITSCH) [3] herangezogen :

$$t_2 = t_1 \left[\frac{M_1}{M_2} \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^2 \right]^{\frac{1}{p}} \cdot e^{\frac{\mu_s}{p} (d_2 - d_1)}$$

wobei M_1 und M_2 die Aktivität der Strahlungsquellen in mC bedeutet (in der Berechnung ist $\frac{M_1}{M_2} = 1$, da die Strahlungsquelle dieselbe bleibt),

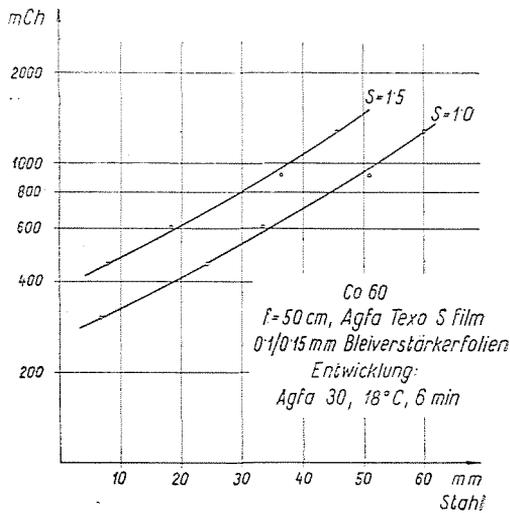


Abb. 1

f_1 und f_2 — Brennweiten,

d_1 und d_2 — durchstrahlte Stahlstärken,

t_1 und t_2 — Belichtungszeiten,

$\mu_s = 0.28 \text{ cm}^{-1}$ Absorptionskoeffizient (nach RUMJANZEW und GRIGOROWITSCH)

p — ein vom Film und vom Verstärkerschirm abhängiger Exponent.

Falls wir in der Formel den Wert von p gleich 1,0 wählen, wird zwischen den berechneten und gemessenen Werten der kleinste Unterschied erreicht; dieser war im Stahlstärkenbereich von 20—60 mm weniger als 4,6%, im Bereich von 30—60 mm jedoch geringer als 2,2%. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurden mit einer Substitution $p = 1,0$ und $\mu_s = 0,28 \text{ cm}^{-1}$ für eine Schwärzung von $S = 1,0$ Diagramme aus den berechneten Werten verfertigt. Die für die Brenn-

weiten $f = 30, 40, 50, 60, 70, 80$ und 100 cm aufgezeichneten Diagramme sind aus Abb. 2 ersichtlich.

Die Meßergebnisse wurden in Tab. II nach Umrechnung der Brennweitenabweichungen mit einigen ausländischen Angaben verglichen.

Die günstigsten Werte der Fehlererkennbarkeit wurden — sowohl für Filme mit Verstärkerschirm (Agfa Texo R) als auch für solche ohne Verstärkerschirm

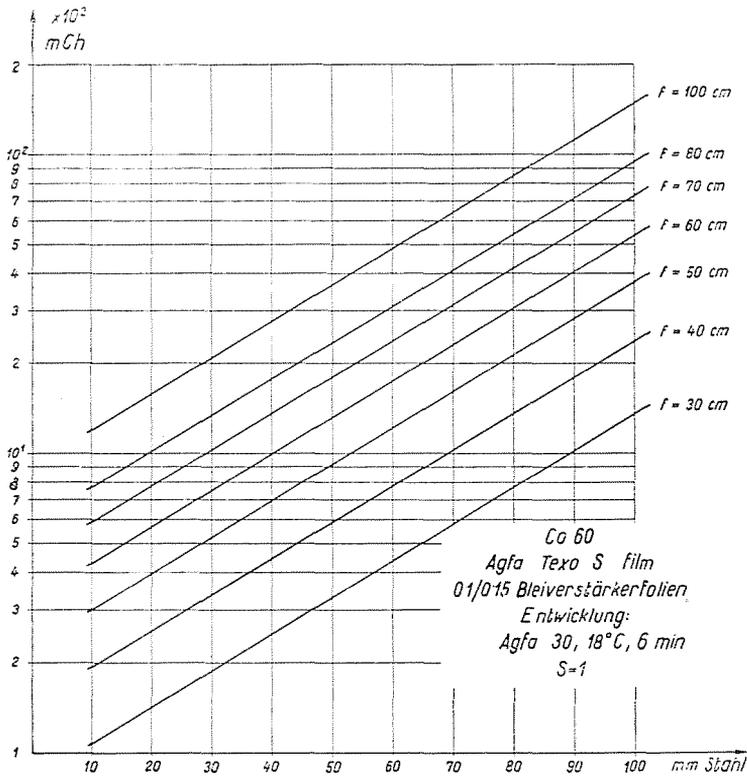


Abb. 2

(Agfa Texo S, Forte) — mit der Bleiverstärkerfolien-Kombination erreicht. Es sei jedoch bemerkt, daß der Film Agfa Texo R zwischen M 100 Verstärkerschirmen ein den Bleiverstärkerkombinationen annäherndes Ergebnis sicherte.

Zum Vergleich der zwischen Bleiverstärkerfolien 0,1/0,15 mm gesetzten drei Filmsorten wurde die Fehlererkennbarkeit für den Fall geringer durchstrahlten Stahl-Werkstoffstärke ausgemessen. Dadurch wurde angestrebt — an den unteren Verwendbarkeitsgrenzen des Co^{60} Strahlers —, die kleinsten Güteunterschiede der drei Filmsorten wahrnehmbar zu machen. Die Prozentwerte der Fehlererkennbarkeit wurden als Funktion der Stahlstärke in den Diagrammen der Abb. 3 zusammengefaßt (a) Agfa Texo S, b) Forte, c) Agfa Texo R).

Tabelle II

Vergleich der gemessenen Expositionen mit Forschungsergebnissen
Strahler: Co⁶⁰

Stahlwerkstoffstärke: 50 mm

Strahler-Film Abstand $f = 50$ cm

Schwärzung	Exposition mCh	Film	Quelle
1,0	907	Agfa Texo S	eigene Messung
1,2	970	Röntgen X	RUMJANZEW u. GRIGOROWITSCH (3)
1,0	900	Film ohne Verstärkerschirm	ISENBURGER (18)
1,0	700	Guilleminot (Direct X)	BLONDEL und BROQUET (1)
1,0	700	Definix	BLONDEL und BROQUET (1)
1,0	1040	Iford A	CARLSTRÖM (13)
1,5	1400	Agfa Texo S	eigene Messung
1,5	1680	Iford C	BERTHOLD (19)
1,5	1120	Guilleminot (Direct X)	BLONDEL und BROQUET (1)
1,5	1120	Definix	BLONDEL und BROQUET (1)

Aus den Diagrammen wurden Werkstoffstärken ermittelt, bei welchen die niedrigst verlaufende (d. h. von dem am besten belichteten Film günstigster Schwärzung aufgenommene) Kurve über die Werte 3,0% bzw. 2,0% läuft. Die Werte wurden in Tab. III zusammengestellt.

Aus den Angaben der Tabelle ist zu ersehen, daß das beste Ergebnis mit dem Film Agfa Texo S — im untersuchten Stärkebereich mit 0,1/0,15 mm Bleiverstärkerfolien kombiniert — gesichert werden kann. Der Film Forte zeigt nur unbedeutend weniger günstige Werte auf, während der Film Agfa Texo R sich als bedeutend ungeeigneter erwies.

Die Resultate der bereits besprochenen Messungen wurden an Hand der an Montagestelle geschweißten Dampfleitungsverbindungen mit dem Isotop Co⁶⁰ durchgeführten Prüfungen kontrolliert. In den Expositionen der aufgenommenen Aufnahmen konnte eine Streuung von etwa 20% festgestellt werden, die wegen der zahlreichen, die Untersuchungsergebnisse beeinflussenden Faktoren (Filmgüte, Zusammensetzung des Entwicklers, Temperaturschwankungen im Werkslaboratorium usw.) auch zu erwarten war. Die als Prozentwert ausgedrückte Empfindlichkeit ergab sich bei der Untersuchung der Schweißnähte fast in jedem Falle um einige Zehntel günstiger als der auf dem Versuchswege ermittelte Wert (die Prüfanordnung war wie folgt: Strahler außerhalb des Rohres, Durchstrahlung der doppelten Wandstärke, Drahtsteg zwischen Film und zu überprüfende Naht). Eine Erklärung für die besseren Ergebnisse kann man wahrscheinlich darin finden, daß das Schweißgut eine ziemlich gleichmäßige Wandstärke hat und weniger gegliedert ist als der Stufenkeil, so daß die Strahlung im Werkstoff weniger zerstreut wird und daher die störende Streuwirkung weniger zur Geltung kommt.

Im weiteren sind die wichtigsten Schlußfolgerungen zusammengefaßt, die aus den mit den Filmen Agfa Texo S, Agfa Texo R und Forte durchgeführten Messungen gezogen werden können :

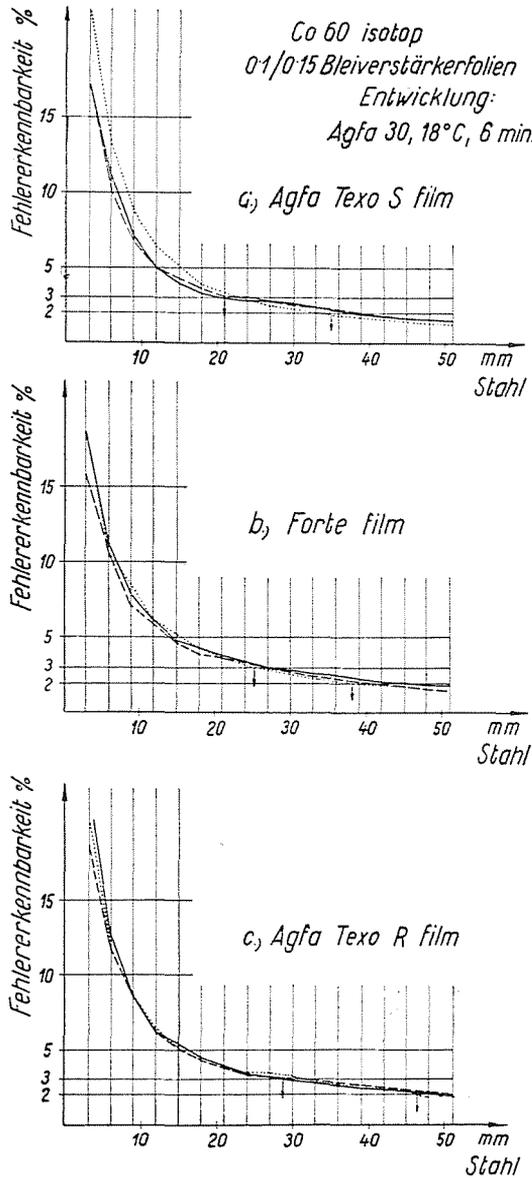


Abb. 3

1. Mit keiner Kombination der verwendeten Filme und Verstärkerschirme konnte eine bessere innere Unschärfe als $B = 0,3$ erreicht werden ; bei der

Tabelle III

Für gegebene Fehlererkennbarkeitswerte bestimmte geringste durchstrahlbare Stahlstärken

Film	Stahlwerkstoffstärke mm	
	Fehlererkennbarkeit 3%	Fehlererkennbarkeit 2%
Agfa Texo S	21	35
Forte	25	38
Agfa Texo R	29	46,5

Berechnung der optimalen Brennweite muß also die innere Unschärfe bei Verwendung von Bleiverstärkerfolien mit 0,3 mm, sonst mit 0,5 mm angenommen werden.

2. Unter den zu den Filmen Agfa Texo R verwendeten Kalziumwolframatverstärkerschirmen kann der Einsatz des mit hohem Verstärkungsfaktor gekennzeichneten Heyden M 200 nicht empfohlen werden, da die Empfindlichkeit hierdurch ungünstig beeinflusst wird. Die mit einem Kalziumwolframat-schirm Heyden M 100 erreichbare innere Unschärfe von 0,58 und 0,60 (Tab. I) ist ein äußerst ungünstiger Wert. Die Verstärkerwirkung ergab sich für den Film Agfa Texo R als 6,4 und die Fehlererkennbarkeit ist — wahrscheinlich als ein Ergebnis letzterer Einwirkung — sehr nahe dem mit Bleiverstärkerfolien erreichbaren Wert. Auf Grund der gemessenen Angaben kann zu Untersuchungen, wo nicht die beste Fehlererkennbarkeit das Hauptziel ist, der Film Agfa Texo R zwischen Verstärkerschirmen Heyden M 100 wegen der erreichbaren kürzeren Belichtungszeit empfohlen werden.

3. Die günstigsten Ergebnisse wurden mit dem Film Agfa Texo S und mit Bleiverstärkerfolien 0,1/0,15 erzielt. Die innere Unschärfe war hier 0,33, 0,38, 0,35 mm (Tab. I), die Verstärkerwirkung ergab sich als 2,1, der Kontrastfaktor blieb unverändert und die Fehlererkennbarkeit war unter allen Kombinationen die beste: 3% konnte mit 21 mm Stahlstärke, 2% mit 35 mm Stahlstärke verwirklicht werden (Abb. 3, Tab. III). Fast ähnliche Ergebnisse wurden mit dem Film Forte bei Verwendung von Bleiverstärkerfolien erreicht.

4. Für die zwischen Bleiverstärkerfolien gesetzten Filme vom Typ Agfa Texo S und Forte kann auf Grund der Messungen ein Schwärzungsbereich von $\gamma = 1,5-2,5$ empfohlen werden.

Zusammenfassung

Die in den mit radioaktiven Isotopen durchgeführten industriellen Materialuntersuchungen erreichbare Fehlererkennbarkeit wird von der Schärfe und vom Kontrast der aufgenommenen Radiogramme bestimmt. Deshalb wurden zur Ermittlung der inneren Unschärfe, der Schwärzungskurve, des Filmkontrasts sowie der erreichbaren Fehlererkennbarkeit Meßversuche unternommen. Für die Messungen wurden die Filme Agfa Texo R, Texo S und Forte — mit Kalziumwolframat-schirmen und Bleiverstärkerfolien kombiniert — verwendet.

Die geringste innere Unschärfe wurde bei dem mit Bleiverstärkerfolie verwendeten Film Agfa Texo S erreicht, wobei der günstigste Meßwert $B = 0,33$ war. Infolge guter Filmkontrastwerte ist auch die Fehlererkennbarkeit bei dieser Kombination die beste: Werte niedriger als 2% konnten mit Werkstoffstärken über 35 mm erzielt werden. Bei dieser Kombination wurden für Stahl Belichtungskurven mit einer Schwärzung von $S = 1,0$ bzw. $S = 1,5$ ermittelt. Die Verstärkungsfaktoren wurden für zwei Sorten von Kalziumwolframatschirmen und eine Bleiverstärkerfolie ausgemessen: für die entsprechend gewählten Filmsorten ergab sich ihr Wert als 6,4 bzw. 26 für den Kalziumwolframatschirm und 2,1 für die Bleiverstärkerfolie.

Die gemessenen Versuchsergebnisse wurden bei der Überprüfung von Schweißverbindungen an Dampfleitungen kontrolliert.

Literatur

1. BLONDEL, A.—BROQUET, P.: Fonderie 3803 (Februar 1954).
2. CLAUSER, H. R.: Practical Radiography for Industry, Reinhold, New York, 1952.
3. RUMJANZEW, S. B.—GRIGOROWITSCH, J. A. РУМЯНИН, С. Б.—ГРИГОРОВИЧ, Ю. А.: Контроль качества металлов гаммалучами. Металлургиздат, Москва 1954.
4. CROWTHER, J. A.: Handbook of Industrial Radiology. Edward Arnold & Co. London 1949.
5. MESCHTER, E.: Nondestructive Testing, 14, 13 (Juli—August 1955).
6. BERTHOLD, R.: Atlas der zerstörungsfreien Prüfverfahren. Leipzig 1938.
7. KLASENS, H. A.: Philips Res. Rep. 241 (April 1946).
8. O'CONNOR, D. T.—HIRSCHFIELD, J. J.: Nondestructive Testing, 10, 33 (Januar 1951).
9. KLEIN, O.—NISHINA, J.: Zeitschrift für Physik 52, 853 (1929).
10. KONKOLY, T.: Acta Technica Acad. Scient. Hung. XIII, Fasc. 3—4 (1955).
11. JOHNS, H. E.—GARRETT, C.: Nondestructive Testing 8, 16 (März 1949).
12. BERTHOLD, R.: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 98, 123 (Juli—August 1953).
13. CARLSTRÖM, C. G.: Fonderie 3791 (Februar 1954).
14. SCHORR, M. G.: Nondestructive Testing 14, 20 (November—Dezember 1955).
15. (NASAROW, S. T.) НАЗАРОВ, С. Т.: Выбор энергии гамма излучения для просвещения металлов. Гамма-дефектоскопия металлов. Изд. АН СССР, Москва 1955.
16. O'CONNOR, D. T.—CRUSCUOLO, E. L.: ASTM Bulletin No 213, 53 (April 1956).
17. ISENBURGER, H. R.: The Welding Journal 33, 124 (Februar 1954).
18. ISENBURGER, H. R.: American Foundryman 18, 48 (Juli 1950).
19. BERTHOLD, R.—VAUPEL, O.—WETTERNECK, N.: Stahl und Eisen 72, 24, 492 (April 1952).
20. CROXSON, C.: Welding and Metal Fabrication 22, 19 (Januar 1954).

T. KONKOLY, Budapest, Budafoki út 4—6, Hungary.