

J. CZOCHRAŁSKI, G. WELTER i W. MARUSZEWSKA

Metody i urządzenia do badania korozji stosowane w Instytucie Metalurgji i Metaloznawstwa

*Installations et méthodes de recherches pour la corrosion employées à l'Institut de Métallurgie
et Métallographie*

TREŚĆ: W Instytucie Metalurgji i Metaloznawstwa badania stopnia skorodowania materiałów oparto na zmianie własności wytrzymałościowych (R_r i A) łącznie ze zmianą wyglądu powierzchni próbek. Zainstalowano do-
tąd dwa urządzenia: urządzenie do badań korozji we mgle 3% roztworu $NaCl$ oraz urządzenie do badań korozji atmosferycznej. Otrzymane dotychczas wyniki dla aluminium technicznego i alupolonu są zgodne z wynikami podanymi w literaturze oraz z faktami z praktyki.

1. Metoda oznaczania stopnia korozji.

Badanie korozji utrudnia brak znormalizowanych metod. Aby móc porównywać odporność różnych materiałów, trzeba zwrócić się do badania takiej własności, która jest najbardziej miarodajna dla oceny jakości materiału. Do niedawna najczęściej stosowane metody oznaczania stopnia korozji: z wyglądu powierzchni, strat ciężaru lub oznaczania produktów reakcji, czy głębokości korozji, nie uwzględniają zmian, jakie mogą zajść wewnątrz materiału i dlatego mają małe znaczenie praktyczne dla oceny odporności. Najbardziej miarodajna dla charakterystyki materiału jest zmiana jego własności wytrzymałościowych pod wpływem działania odpowiedniego środowiska. Metoda oznaczania stopnia korozji na zasadzie badania zmian wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia została zastosowana przez Czochrałskiego i innych ba-

daczy¹⁾, a obecnie coraz większe znajduje uznanie i rozpowszechnienie. Jest ona w literaturze polecana jako metoda standardowa pomiaru działania korozji. Opierając się na dodatnich wynikach, uzyskanych przez wspomnianych autorów przy zastosowaniu tej metody, w Instytucie oznacza się korozję tworzyw na zasadzie badania zmian wytrzymałości na rozciąganie (R_r) i wydłużenia ($A_{10}\%$) w połączeniu z badaniem wyglądu powierzchni. Daje to w przybliżeniu kompletny obraz zniszczenia materiału i pozwala na uzyskanie jednoznacznych wyników.

2. Wybór środowiska korodującego.

Przy badaniu korozji trzeba wybrać taką metodę, która daje dość szybko wyniki zgodne z doświadczeniami w praktyce i której warunki badania są możliwie zbliżone do naturalnych. Instytut stosuje narazie dwie metody badania korozji, głównie w zastosowaniu do metali lekkich:

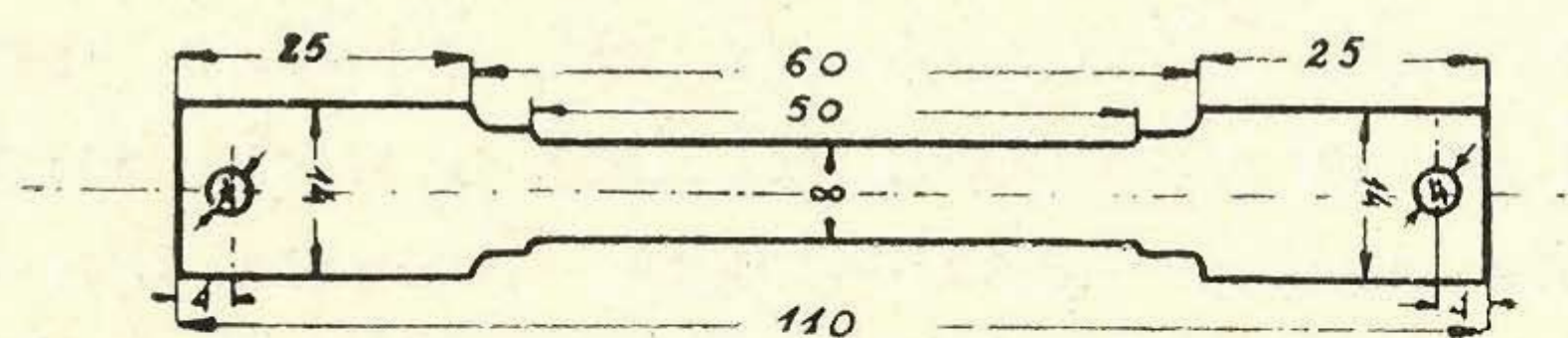
¹⁾ E. H. Schulz, Metall u. Erz, 14, 125 (1917); D. Basch a. M. F. Sayre, Mech. Eng., 46, 199 (1924); E. Blough, Proc. Am. Soc. Test. Mat., 25, 156 (1925); Met. Ind. London, 27, 76 (1925); H. N. Marr, Met. Ind. London, 27, (1925); E. Rackwitz, Korr. Metallschutz, 3, 171 (1927); J. Czochrałski u. E. Schmid, Z. Metallkunde, 20, 1 (1928); E. Rackwitz u. K. O. Schmidt, Korr. Metallschutz, 5, 7 (1929).

1. Badanie odporności we mgłę 3%-owego roztworu chlorku sodowego. Próba ta charakteryzuje odporność tworzyw na działanie wody morskiej i służy jako przyspieszona metoda dla oceny ich odporności na korozję. Wyniki są porównywalne dla stopów o zbliżonym składzie, np. dla grupy stopów aluminjowych, magnezowych czy innych.

2. Badanie odporności na działanie czynników atmosferycznych. Próba ta najwierniej odtwarza rzeczywiste warunki, na jakie narażony jest metal, wystawiony na działanie atmosfery.

3. Próbkki i pomiary.

Przeważnie bada się materiał w postaci blachy. Próbkki zostają wykonane według rys. 1.



Rys. 1. Schemat i wymiary próbki do badania odporności blach na działanie korozji.

Przed poddaniem korozji próbki zostają odcleanowane, pomierzone, oraz dokładnie odtłuszczone. Pierwsze badanie wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia wykonywa się na próbkach materiału niepoddanego działaniu korozji. Następnie, w zależności od odporności materiału i rodzaju środowiska (mgła czy atmosfera), próbki do badania zmian, spowodowanych korozją, pobiera się w różnych odstępach czasu: co ½, 1, 2 lub nawet kilka miesięcy. Próbkki najpierw podlegają oględzinom zewnętrznym, a następnie badaniom wytrzymałościowym. Oznacza się R i A_{10} . Wartości te (średnie z co najmniej 5 pomiarów) służą do uzyskania krzywych, uzależniających zmianę R i A_{10} od czasu działania środowiska korodującego, na zasadzie których charakteryzuje się i ocenia odporność badanego materiału.

4. Urządzenia do badania korozji¹⁾.

A) *Korozja we mgłę 3%-owego roztworu NaCl.* Całość urządzenia składa się ze szczelnie zamkniętego pomieszczenia, w którym znajduje

się czteropiętrowy stojak A do zawieszania próbek, zbiornik B do roztworu soli oraz przewody C , doprowadzające sprężone powietrze (Fot. 1, Pl. XI). Mgłę wytwarza się przez rozpryskiwanie cieczy przy pomocy rozpylacza D (Fot. 9, Pl. XIII). Fot. 4 (Pl. XII) przedstawia urządzenie w czasie rozpylania mgły. Do zawieszania próbek służą pręty szklane, zaopatrzone w haczyki, (Fot. 2, Pl. XI). Sprężone powietrze o ciśnieniu około 6 Atm. uzyskuje się ze sprężarki (Fot. 10, Pl. XIII), która dostarcza je również do innych urządzeń w Instytucie. Powietrze sprężone, zanim wejdzie do rozpylacza, przechodzi przez reduktor (Fot. 7, Pl. XIII), gdzie ciśnienie jego spada do ok. 2 Atm. Temperatura w pomieszczeniu wynosi $18^{\circ} \pm 2^{\circ}$. Stężenie mgły reguluje się przez odpowiednie nastawienie rozpylacza, baczac, aby mgła nie skraplała się i nie ściekała po próbkach. Mgłę wytwarza się przez 7 godzin na dobę (w dni robocze), przyczem zużywa się około 4 litry 3%-owego roztworu $NaCl$.

Przy uruchamianiu tej instalacji napotkano na duże trudności na skutek silnie korodującego środowiska. Wszystkie części żelazne, ochronione specjalnymi lakierami, trzeba było zastąpić częściami szklanymi lub drewnianymi.

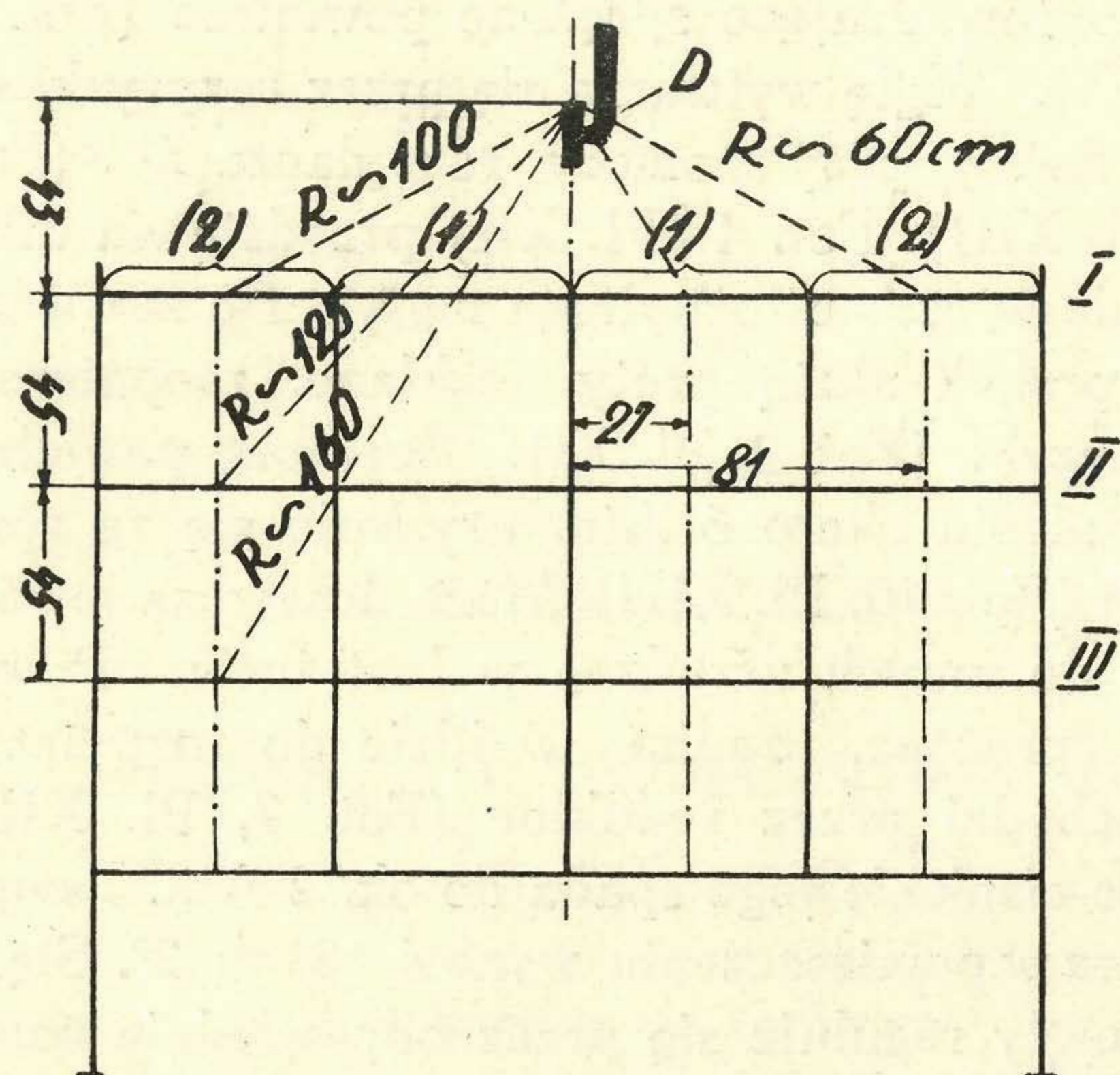
B) *Urządzenie do badania korozji atmosferycznej.* Dla badania działania czynników atmosferycznych umieszczono na dachu budynku stojak z urządzeniem do zawieszania próbek (Fot. 8, Pl. XIII). Warunki atmosferyczne, na jakie wystawione są próbki, charakteryzuje się na podstawie komunikatów Państwowego Instytutu Meteorologicznego w Warszawie.

5. Sprawdzenie działania urządzeń.

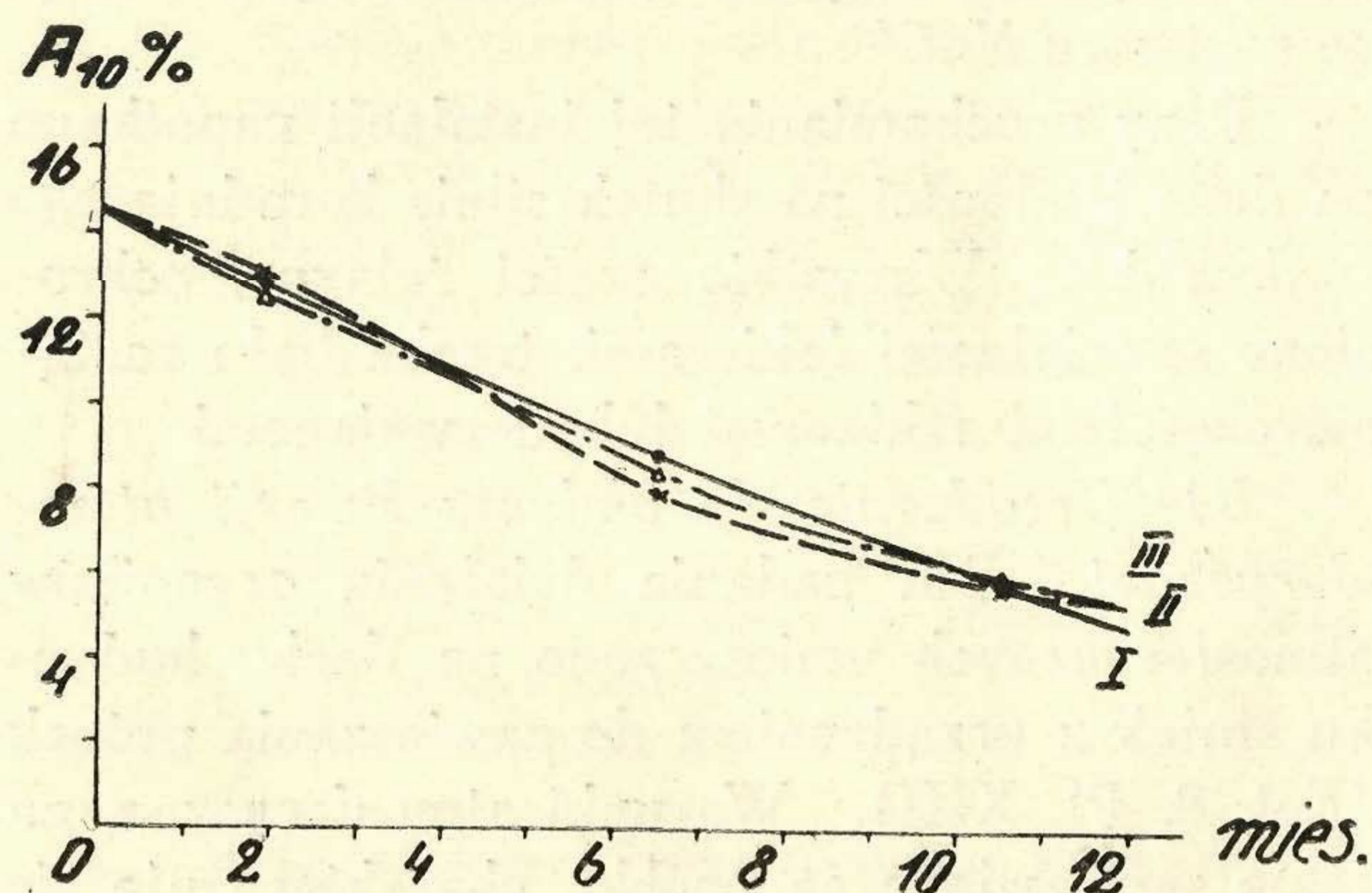
W przypadku środowiska mgły 3%-owego roztworu $NaCl$ sprawdzono działanie urządzenia celem przekonania się, czy mgła jest równomierna i czy próbki, zawieszone w różnych miejscach stojaka, wystawione są na identyczne działanie korodujące. W tym celu pobrano kilkakrotnie po parę próbek z różnych miejsc i porównano własności wytrzymałościowe. Oprócz różnicy w położeniu na stojaku inne warunki badania były identyczne. Przekonano się, że dla trzech pięter stojaka (czwarte, najniższe służy do próbek żelaznych), odległych od siebie o 45 cm (rys. 2), mgła ma to samo stężenie. Poza to każde miejsce na piętrze jest równoznacz-

¹⁾ Wzorowano się na urządzeniach zastosowanych przez J. Czochrańskiego w roku 1924. Pierwsza publikacja: A. Petersen, Naturwissenschaften, 14, 1049 (1926).

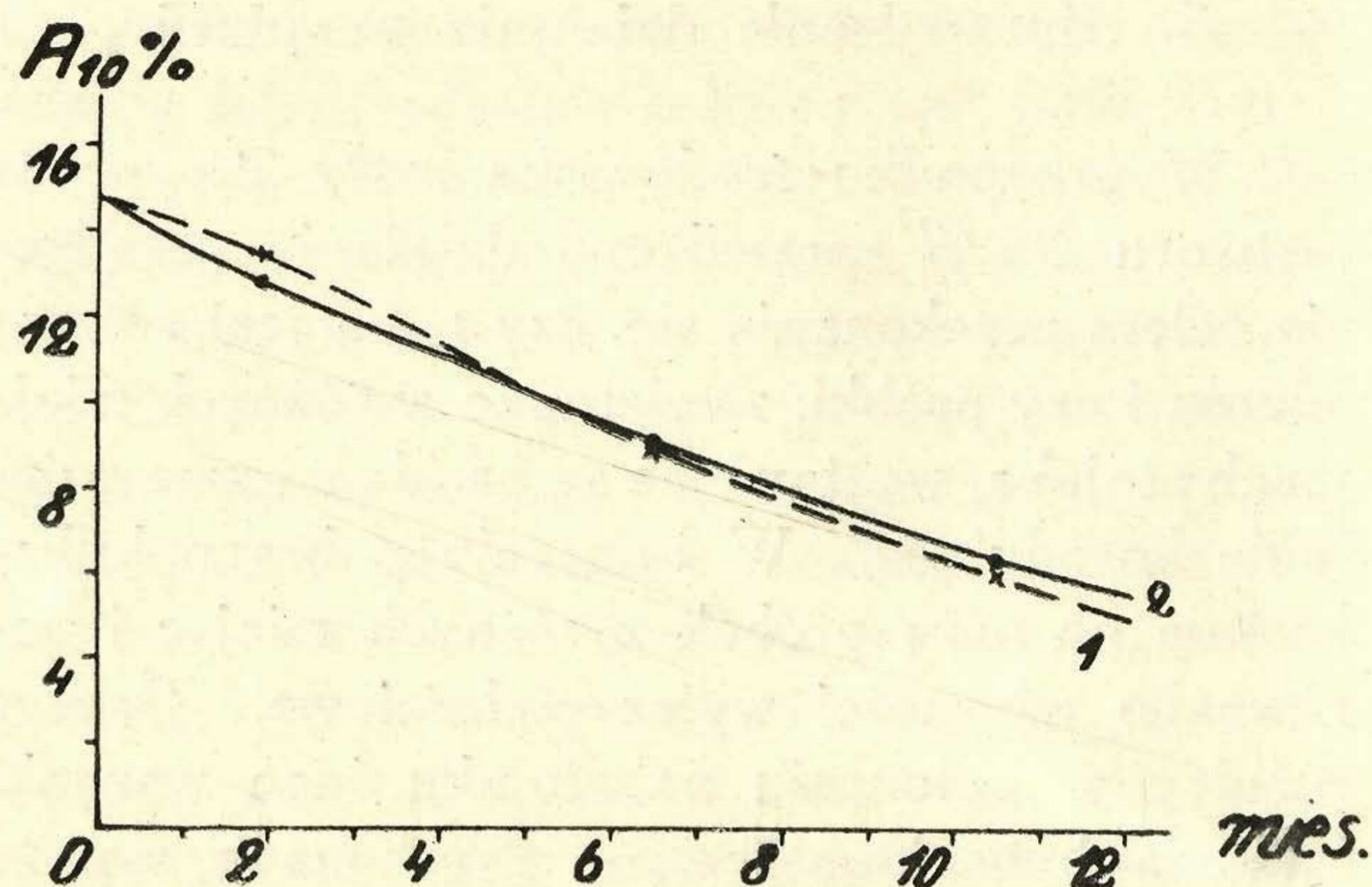
ne i nie zależy od odległości od środka stojaka. Wyniki tych badań przedstawia rys. 3 i 4.



Rys. 2. Schemat stojaka do zawieszania próbek w środowisku mgły solnej. D, rozpylacz; I, II, III, piętra stojaka. Liczby oznaczają wymiary w cm.



Rys. 3. Wyniki badania równomierności działania mgły solnej na trzech piętrach stojaka w miejscach skrajnych (2, rys. 2). $A_{10}\%$, wydłużenie; mies., czas w miesiącach.



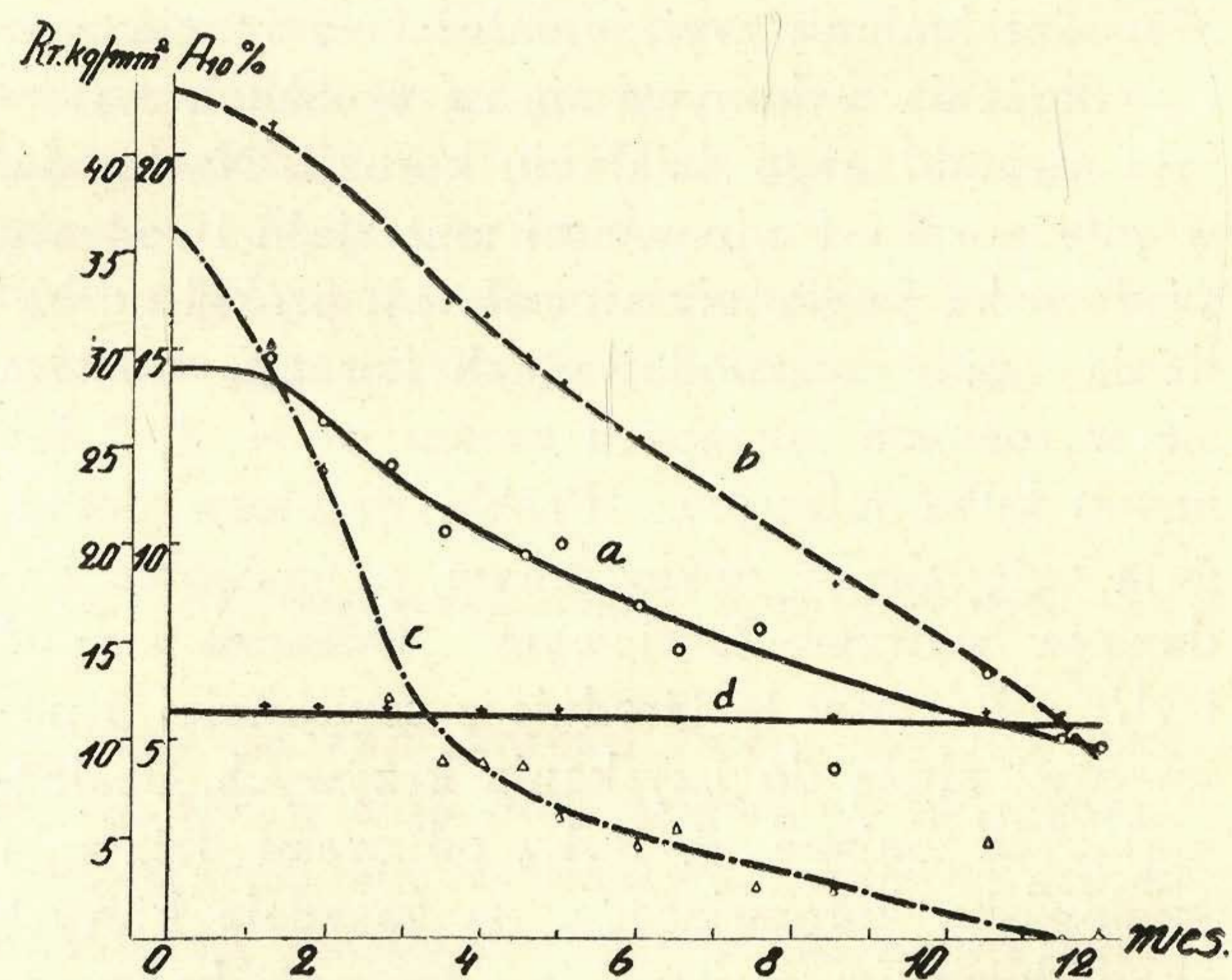
Rys. 4. Wyniki badania równomierności działania mgły solnej w środkowych (1) i skrajnych (2) miejscach na I piętrze stojaka. $A_{10}\%$, wydłużenie; mies., czas w miesiącach.

6. Wyniki.

Zakończono dotychczas wstępne próby, przeprowadzone we mgłę 3%-owego roztworu chlorku sodowego. Podobne badania odporności na czynniki atmosferyczne są jeszcze w toku. Badano 2 materiały: aluminium techniczne (99,5% Al) oraz alupolon. Materiały te były dostarczone w postaci blachy o grubości 1 mm, z której wycięto próbki o kształcie i wymiarach, podanych na rys. 1.

Wyniki badań odporności aluminium technicznego i alupolonu na korodujące działanie mgły 3%-owego roztworu NaCl podane są w tabelicy I oraz na rys. 5.

Charakter krzywych (rys. 5) uwidacznia różną odporność badanych materiałów na działanie mgły 3%-owego NaCl. Krzywa spadku wydłużenia alupolonu (c) jest o wiele bardziej stroma aniżeli analogiczna krzywa dla aluminium (a). Również krzywa wytrzymałości na rozciąganie alupolonu (b) przebiega dość stromo, podczas gdy wytrzymałość R_t aluminium technicznego w ciągu 1 roku działania korozji prawie nie uległa zmianie (krzywa d, rys. 5).



Rys. 5. Wyniki badania korozji aluminium technicznego i alupolonu we mgłę 3% roztworu NaCl. a, spadek wydłużenia aluminium; b, spadek wytrzymałości alupolonu; c, spadek wydłużenia alupolonu; d, spadek wytrzymałości aluminium. R_t , wytrzymałość na rozciąganie, A wydłużenie; mies., czas działania korozji w miesiącach.

Obserwacja wyglądu próbek (tabl. I) wskazuje również na bardzo różną odporność tych dwóch materiałów. Powierzchnia próbek aluminiowych uległa po roku działania mgły tylko

TABLICA I.
Korozja w mgle 3% roztworu NaCl.

Lp.	Czas próby we mgle 3% roztw. NaCl	Właśności wytrzymałościowe*)						O b s e r w a c j a w y g l ą d u p r ó b k e	
		Aluminium techniczne			Alupolon			Aluminium techniczne	Alupolon
		R _r kg/mm ²	Spadek R _r w %	A ₁₀ %	Spadek A ₁₀ w %	R _r kg/mm ²	Spadek R _r w %	A ₁₀ %	Spadek A ₁₀ w %
—	Stan dostarczenia	11,5	—	14,5	—	43,2	—	18,1	—
1	około 1 1/4 mies.	11,6	—	14,8	—	41,5	3,9	15,1	16,6
2	" 1 3/4 "	11,6	9,6	13,1	9,6	39,2	9,3	11,9	34,2
3	" 2 3/4 "	11,7	17,2	12,0	17,2	35,9	16,9	6,1	66,3
4	" 3 1/2 "	11,0	28,9	10,3	28,9	32,4	25	4,4	75,7
5	" 4 "	11,5	—	—	—	31,8	26,4	4,4	75,7
6	" 4 1/2 "	11,3	33,1	9,7	33,1	29,8	31,0	4,3	76,2
7	" 5 "	11,6	31,0	10,0	31,0	28,4	34,3	3,0	83,4
8	" 6 "	11,0	42,1	8,4	42,1	25,5	41	2,4	86,7
9	" 6 1/2 "	11,0	49,6	7,3	49,6	25,7	40,5	2,9	83,9
10	" 7 1/2 "	11,0	44,1	7,9	44,1	21,2	50,9	1,3	92,8
11	" 8 1/2 "	11,3	70,3	4,3	70,3	18,0	58,3	1,3	92,8
12	" 10 1/2 "	11,5	53,1	6,8	53,1	16,2	62,5	2,5	86,2
13	" 11 1/2 "	10,3	64,8	5,1	64,8	11,6	73,1	0	100
14	" 12 "	11,0	66,2	4,9	66,2	9,2	78,7	0	100

nie obliczano wobec nieznacznego wpływu korozji na R_r

gładka, błyszcząca

miejskami białe plamki

miejskami nalot białego osadu

miejskami nalot osadu białego z odcieniem rdzawym i niebieskawym

trochę więcej plamek niż na Nr. 1.

prawie jak dla Nr. 3

" " " "

prawie jak dla Nr. 4

" " " "

coraz więcej miejsc pokrytych osadem i osad coraz grubszy

jak dla Nr. 7

" " "

matowieje, coraz więcej plamek

" " "

" " "

matowieje, dość gęste białe plamki

jak dla Nr. 13

jak dla Nr. 13

*) Średnie z 7 — 10 pojedynczych wyników.

nieznacznej zmianie: zmatowienie powierzchni i powstanie niewielkich białych plamek (Fot. 3, Pl. XI; spadek A o 66%, R_r o ok. 5%). Po tym samym okresie czasu powierzchnia próbek alupolonowych została prawie całkowicie pokryta grubym osadem (Fot. 6, Pl. XII; spadek $A = 100\%$, R_r ok. 79%). Wyniki te są zgodne z danymi z literatury i praktyki.

7. Wnioski.

1. Badanie stopnia skorodowania materiału przy pomocy zmian własności wytrzymałościowych (R_r i A) daje wyniki zgodne z doświadczeniami w praktyce i będące cenną wskazówką dla porównawczej oceny odporności materiałów na korozję.

2. Badania korozji we mgłę 3%-owego roztworu chlorku sodowego, przeprowadzone dotychczas w urządzeniu, zainstalowanym w Instytucie Metalurgji i Metaloznawstwa, potwierdziły znany fakt, że aluminium techniczne jest o wiele bardziej odporne na czynniki korodujące aniżeli alupolon (rys. 5).

3. Urządzenie do badania korozji we mgłę 3%-owego roztworu $NaCl$ daje zadowalające wyniki pod względem sprawności działania, co w konsekwencji pozwala na porównawczą ocenę tworzyw pod względem ich odporności na korozję.

Warszawa, 1936.

Instytut Metalurgji i Metaloznawstwa
Politechniki Warszawskiej.

Einrichtung und Arbeitsweise zur Korrosionsprüfung im Institut für Metallurgie und Metallkunde

von J. CZOCHRAŁSKI, G. WELTER u. W. MARUSZEWSKA.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Zur Prüfung des Angriffes, den die Materialien durch Korrosionseinflüsse erleiden, wurden die Änderungen der mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit und Dehnung neben den Oberflächenveränderungen der Proben als Prüfungsmethode gewählt. Auf dieser Grundlage sind 2 Arten von Korrosionsprüfungen im Institut für Metallurgie und Metallkunde im Betrieb und zwar:

- 1) Sprüh-Korrosion mit 3% $NaCl$ -Nebel,
- 2) atmosphärische Korrosion.

Der Einfluss dieser Art des Korrosions-Angriffes an Metallen wird in erster Linie bei Legierungen im besonderen aber bei Leichtlegierungen untersucht.

Die Sprüh-Korrosion wird in einem dicht geschlossenen Raum durchgeführt, in dem 3% $NaCl$ -Lösung mittels Druckluft von ~ 2 Atm. zu feinem Nebel zerstäubt wird (Fot. 1, Pl. XI). Die Proben sind an Glasstäben und Glashacken aufgehängt, die auf einem Holzgestell befestigt sind. Die Vernebelung wird während 7 Stunden täglich durchgeführt, wobei etwa 4 Ltr. Lösung zerstäubt werden. Die Raumtemperatur beträgt $18 \pm 2^\circ C$.

Ebenso besteht die Einrichtung zur Untersuchung der atmosphärischen Korrosion aus einem Gestell, an dem die Proben an Glasstäben aufgehängt werden; diese Einrichtung befindet sich im Freien auf dem Dache des Institutes und ist allen atmosphärischen Einflüssen ohne Schutz ausgesetzt.

In der Hauptsache werden die Materialien in Blechform geprüft; alle Proben besitzen gleiche Abmessungen und werden unter gleichen Bedingungen zur Korrosion vorbereitet (Bezeichnung, Feststellung der Abmessungen, Reinigung, Entfettung u. d. g.).

Um festzustellen, ob sich der Nebel gleichmäßig im Korrosionsraume verteilt und ob die an verschiedenen Stellen aufgehängten Proben gleichen Angriffsbedingungen ausgesetzt sind, wurden Proben aus dem gleichen Material nach verschieden langer Einwirkungsdauer aus verschiedenen Stellen des Gestelles entnommen und deren mechanische Eigenschaften festgestellt. Die Ergebnisse aus denen hervorgeht, dass der Korrosionsangriff gleichmäßig über den ganzen Raum erfolgt, sind in den Kurven (Abb. Rys. 3 u. 4) wiedergegeben. Aus diesen Diagrammen geht hervor, dass die Abweichungen bezüglich

der Dehnung der verschiedenen Stellen entnommenen Proben, unbedeutend sind. Es ist mithin gleichgültig, wo die Proben im Versuchsraum der Korrosion ausgesetzt sind und in welcher Entfernung sie sich von dem Zerstäuber befinden.

Die mechanischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen werden im Anlieferungszustand geprüft; nachdem die Proben mehr oder weniger lange Zeit dem Korrosionseinfluss ausgesetzt waren, werden sie erneut einer Festigkeitsprüfung unterworfen. Auf Grund der auf diese Art erhaltenen Ergebnisse werden die Festigkeits- und Dehnungswerte in Abhängigkeit von der Angriffsdauer des Korrosionsmittels kurvenmässig aufgetragen.

Bisher wurde technisches Aluminium und Duralumin geprüft. Die Untersuchung in 3% NaCl-Nebel ergab, dass technisches Aluminium einen sehr grossen Widerstand gegen Korrosion zeigt und in dieser Beziehung dem Duralumin bekanntlich weit überlegen ist. Die Dehnungs-Zeitkurve des Duralumins ist wesentlich steiler als die des technischen Aluminiums; desgleichen ist die Festigkeits-Zeitkurve für Duralumin ziemlich steil, während für technisches Aluminium die Festigkeit über nahezu ein Jahr keinerlei Veränderungen erfährt; die Kurve der Festigkeitswerte verläuft mehr oder weniger parallel zur Zeit-Achse (Rys. 5 d.). Desgleichen ergibt das oberflächliche Aussehen der Proben nach der Korrosion bereits einen deutlichen Hinweis

bezüglich des Verhaltens dieser Materialien gegenüber des Korrosionsmittels. Die bisher erhaltenen Ergebnisse stimmen sowohl mit den in der Literatur als auch in der Praxis vorliegenden Werten gut überein.

Auf Grund der bisher durchgeführten Korrosionsprüfungen konnten mittels der beschriebenen Apparatur folgende Ergebnisse festgestellt werden:

1) Die Untersuchung des Korrosionsanriffes mittels Veränderung der Festigkeits- und Dehnungseigenschaften der Materialien ergibt Resultate, die völlig mit den in der Praxis erzielten Ergebnissen übereinstimmen.

2) Die Korrosionsprüfung in 3% NaCl-Nebel, die in der im Institut vorhandenen Einrichtung durchgeführt wurde, bestätigt die bekannte Tatsache, dass technisches Aluminium wesentlich widerstandsfähiger gegen Korrosionsangriffe ist als Duralumin.

3) Die neu-eingerichtete Korrosions-Station zur Untersuchung des Einflusses von 3% Kochsalzlösung ergibt nach eingehender Ueberprüfung der Arbeitsweise zufriedenstellende Ergebnisse; eine einwandfreie Vergleichsprüfung der verschiedenen Materialien hinsichtlich ihres Korrosionswiderstandes gegenüber Sprühnebelangriffen ist möglich.

Warszawa, 1936,

Institut für Metallurgie und Metallkunde,
der Technischen Hochschule.