

# **EINFLUß DER INCHROMIERUNG AUF DIE OBERFLÄCHENRAUHIGKEIT DER STAHL- UND GRAUGÜßERZEUGNISSE\***

von

**K. FIALKOWSKI und E. RZEPKA**

(Eingegangen am 2. März, 1977)

Vorgelegt von Prof. Dr. M. HORVÁTH

## **I. Einleitung**

Eines der zur Steigerung des Verschleißwiderstandes von Stahl und Grauguß verwendeten Verfahren bei höheren Temperaturen und in chemisch aggressiven Medien ist die Inchromierung. Dieses Verfahren hat in der Industrie eine weitverbreitete Anwendung zur Herstellung von Matrizen, Stempeln, Gießformen und verschiedenartigen Bestandteilen für chemische Apparatur gefunden. In der Literatur über Inchromierung [1, 2, 3, 5, 6, 7, 8] sind nur wenige Angaben über den Einfluß dieses Prozesses auf die Oberflächenrauigkeit zu finden.

Dieses Problem ist jedoch im Hinblick darauf, daß der Oberflächenzustand für die Qualität und Lebensdauer eines Erzeugnisses oft ausschlaggebend ist, von wesentlicher Bedeutung.

In dem vorliegenden Beitrag wurden die Ergebnisse der im Institut für Werkstoffkunde und Technologie von Metallen an der Technischen Hochschule in Kraków durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Für diese Untersuchung wurde im Falle der gewählten Stahl- und Graugußsorten die Erforschung des Einflusses der Inchromierungsbedingungen und des Ausgangszustands der Metalloberfläche auf die Oberflächenrauigkeit herangezogen.

## **2. Werkstoffe und Versuchsbedingungen**

Die Versuche wurden an folgenden Werkstoffen durchgeführt:

— Baustähle hoher Qualität, Sorte 55 (C60) mit perlitisch-ferritischem Gefüge,

— legierte Werkzeugstähle NC6 (145 CrV6) und NC11 (210 Cr46) mit perlitischem Gefüge und Chromkarbidausscheidungen,

— Graugußsorten: Zl 15 (GGL-15) und Zl 25 (GGL-25).

In beiden Graugußsorten trat der Lammellargraphit in Erscheinung; und war ziemlich gleichmäßig verteilt. Die Sorten unterschieden sich dagegen

\* Die Arbeit wurde auf Grund des wissenschaftlichen Zusammenarbeitvertrages der T. U. Kraków und Budapest durchgeführt.

in der metallischen Matrix voneinander, so hatte der Grauguß Zl 15 ein perlitisch-ferritisches Gefüge mit etwa 5–10% Perlit; der Perlit-Anteil in der Grundmasse des Graugusses Zl 25 war größer und betrug 85%.

Alle Probekörper wurden mechanisch bearbeitet. Die anfängliche Oberflächenrauigkeit der Probekörper war unterschiedlich und schwankte für Stahl ( $R_a$ ) zwischen  $0,4 \mu\text{m}$  (nach ISO/R 1302-71 entsprechend dem Rauigkeitsgrad N5) und  $0,08 \mu\text{m}$  (N2), dagegen betrug sie für Graugußsorten  $2,5 \mu\text{m}$  bis  $0,32 \mu\text{m}$  (von N8 bis N5) [4].

Die Inchromierung wurde nach der Pulvermethode in Tiegeln aus hitzebeständigem Stahl mit Tonabdichtung durchgeführt. Das zur Chromierung verwendete Gemisch hatte folgende Zusammensetzung:

Ammoniumchlorid ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	1,5 (Gew %)
Ferrochrom	65,0 (Gew %)
Aluminiumoxyd ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	33,5 (Gew %)

Die Temperatur betrug für Grauguß  $950^\circ\text{C}$  bei 6, 9 und 12 Stunden Dauer, dagegen betrug sie für Stahl  $1050^\circ\text{C}$  bei 8 Stunden Dauer.

An allen Prüfkörpern wurden die Rauigkeitsmessungen sowohl vor als auch nach dem Inchromierungsvorgang durchgeführt.

Es wurde ein Profilmessgerät P-49, (Erzeugnis der UdSSR) benutzt.

### 3. Untersuchungsergebnisse

Nach dem Chromieren waren die Oberflächen aller Probekörper hell-silberfarbig, glänzend oder matt und ohne Anbackungsspuren, ganz unabhängig von den Parametern des Prozesses (d. h. von Temperatur und Zeit). Die Diffusionsschicht war ununterbrochen, ihre Dicke, gemessen nach mikroskopischer Methode an Querschnitten, ist in Tabelle 1 dargestellt.

Das Gefüge der Diffusionschromschichten an den untersuchten Stahl- und Graugußsorten wurde in den Bildern 1–8 dargestellt.

Die Aufnahmen wurden an metallographischen Querschliffen, die mit 4prozentiger Salpetersäurelösung in Äthanol angesetzt wurden, bei 250 facher Vergrößerung gemacht.

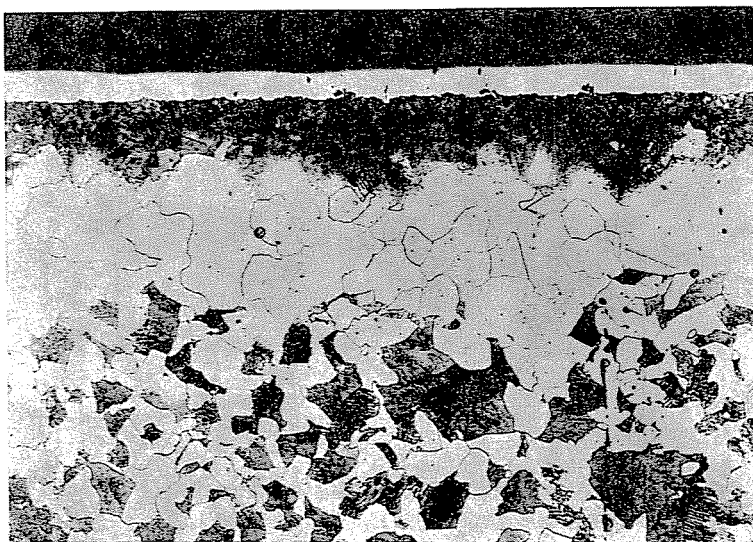
Die Rauigkeitsmessungen wurden mit einem Profilmessgerät durch Bestimmung der mittleren arithmetischen Profilabweichung ( $R_a$ ) durchgeführt. Dieser Wert wurde für Proben im Ausgangszustand mit  $R_{a_0}$ , für verchromte Proben mit  $R_{a_k}$  bezeichnet. Danach wurde für jede Probenreihe eine absolute Änderung der mittleren arithmetischen Profilabweichung  $\Delta R_a = R_{a_k} - R_{a_0}$  berechnet. Die Meß- und Berechnungsergebnisse wurden für

Tabelle 1

Mittelwerte der Dicke von Diffusionsschichten

Stahl-oder Graugußsorte	Zeitdauer des Vorgangs in St.	Dicke in $\mu\text{m}$
Stahl 55 (C 60)	8	21,0
Stahl NC6 (145 CrV6)	8	26,0
Stahl NC11 (210 Cr 46)	8	9,0
Grauguß Zl 15 (GGL-15)	6	6,0
	9	8,0
	12	14,0
Grauguß Zl 25 (GGL-25)	6	10,0
	12	40,0

Stahlproben wurden in Tabelle 2, für Graugußproben in Tabelle 3 zusammengestellt. In den Diagrammen 1—3 sind Beispiele der Profilogramme für Stahl 55 und Grauguß Zl 15 ersichtlich.

Abb. 1. Stahl 55; nach 8 Stunden; Vergrößerung 250  $\times$

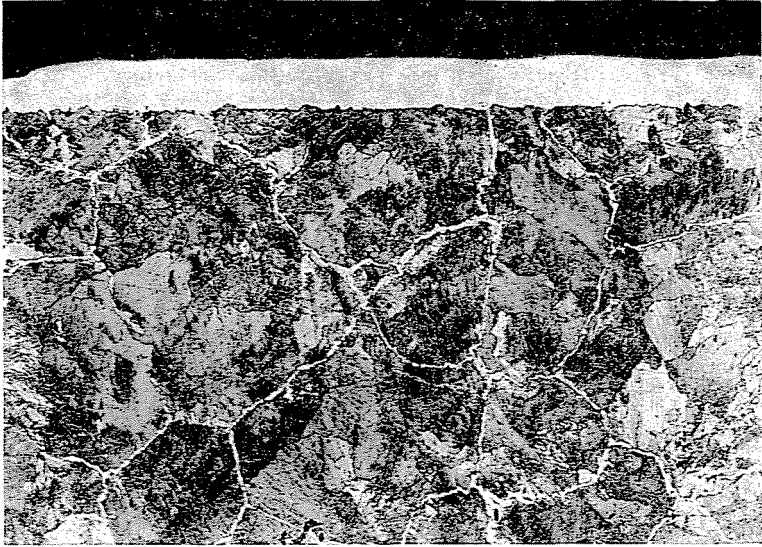


Abb. 2. Stahl NC6; nach 8 Stunden; Vergrößerung 250 ×

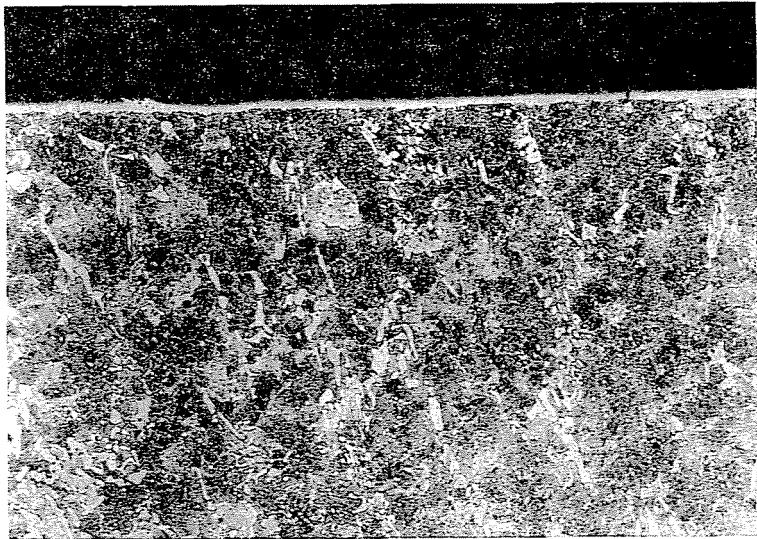


Abb. 3. Stahl NC11; nach 8 Stunden; Vergrößerung 250 ×

Bei der Analyse der dargestellten Ergebnisse kann folgendes festgestellt werden:

Bei den Proben mit einer Anfangsrauigkeit von  $0,36 - 1,69 \mu\text{m}$  (N5 - N8) wurde infolge der Inchromierung eine Oberflächenrauigkeit  $R_a = 0,26 - 1,46 \mu\text{m}$  (N5 - N7) erhalten. Bei den Proben von einer anfänglichen Oberflächen-



Abb. 4. Grauguß Zl 15; nach 6 Stunden; Vergrößerung 250 ×

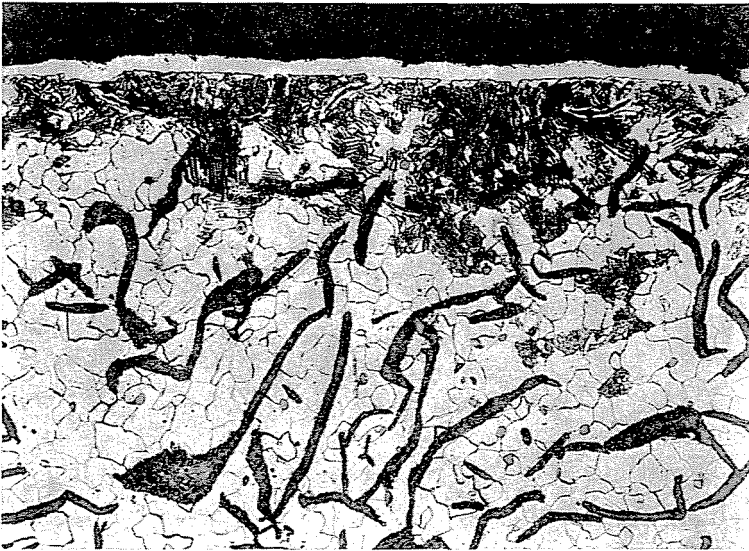


Abb. 5. Grauguß Zl 15; nach 9 Stunden; Vergrößerung 250 ×

rauhigkeit  $R_a = 0,045 - 0,080 \mu\text{m}$  (N2—N3) wurde die Rauheitsklasse auf  $R_a = 0,18 - 0,20 \mu\text{m}$  (N4) herabgesetzt. Im allgemeinen ist festzustellen, daß sich für fast alle Proben eine Endrauhigkeit von  $R_a = 0,18 - 0,38 \mu\text{m}$  (N4—N5) ergibt, ganz unabhängig von der Oberflächenrauhigkeit im Ausgangszustand.



Abb. 6. Grauguß Zl 15; nach 12 Stunden; Vergrößerung 250 ×

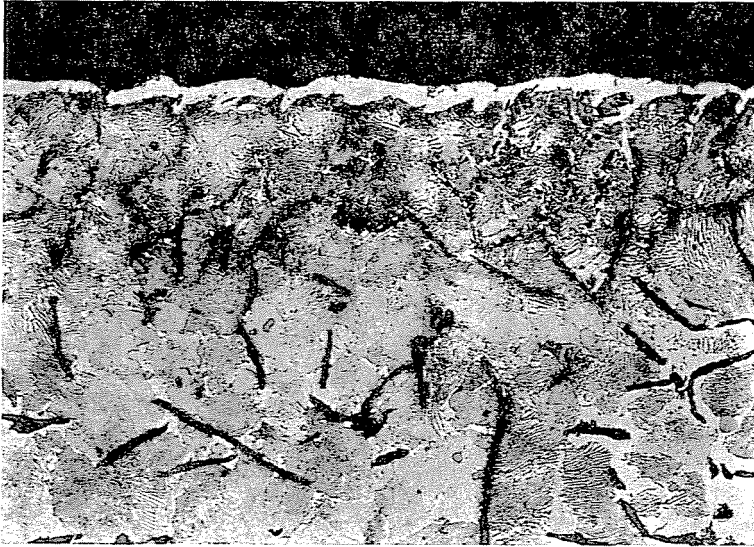


Abb. 7. Grauguß Zl 25; nach 6 Stunden; Vergrößerung 250 ×

Aufgrund der Meß- und Berechnungsergebnisse läßt sich für die in Tafel 3 dargestellten Graugußproben feststellen, daß die Matrix des Graugusses nur einen geringen Einfluß auf die Änderung der Oberflächenrauigkeit hat. Auch der Endzustand wird nur unwesentlich durch die Oberflächenrauigkeit im Ausgangszustand beeinflusst. Einen bedeutend größeren Einfluß hat bei

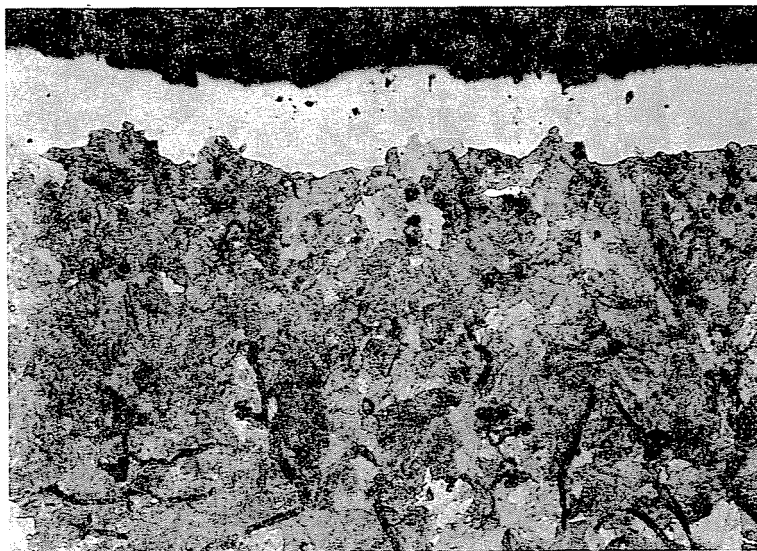


Abb. 8. Grauguß Z1 25; nach 12 Stunden; Vergrößerung 250 ×

Grauguß die Dauer des Vorganges. Bei Zeiten von 6 und 9 Stunden erhöhten sich die Rauhwerte der Oberflächen der Proben mit einem Ausgangswert von  $R_a = 0,21 - 0,55 \mu\text{m}$ , auf  $R_a = 0,80 - 1,35 \mu\text{m}$ ; dagegen erfuhren die Proben mit  $R_a = 0,80 - 1,35 \mu\text{m}$  (N6-N7) im wesentlichen keine Änderung.

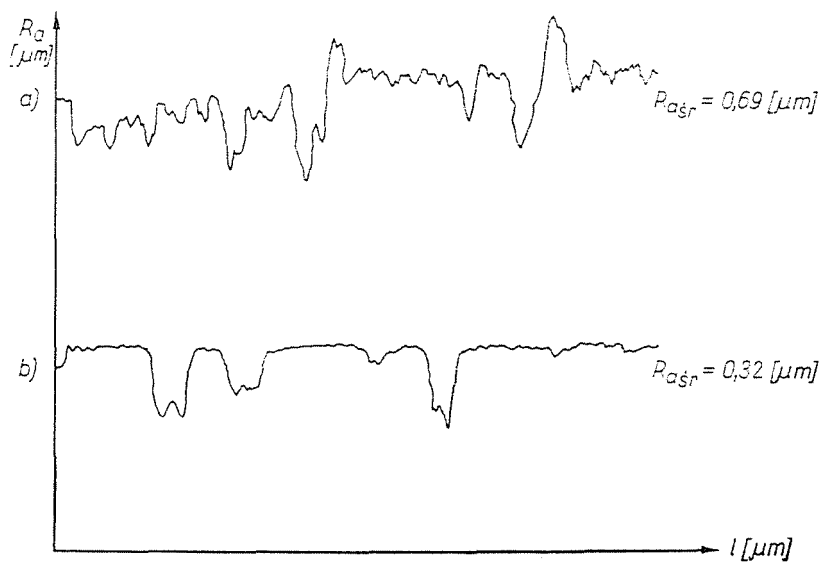


Diagramm 1. Profilogramme für die Oberflächen der Probekörper aus Stahl 55; vertikale Vergrößerung: 400 ×; horizontale Vergrößerung 200 ×; a) vor dem Vorgang; b) nach dem Vorgang

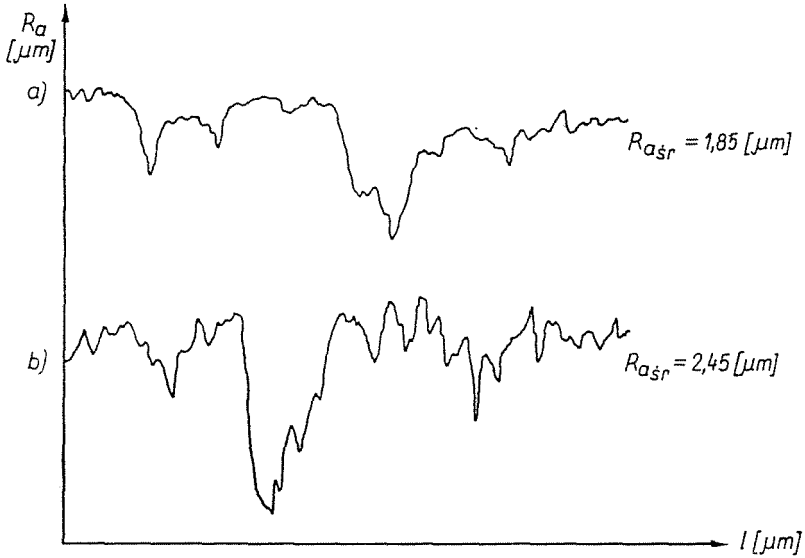


Diagramm 2. Profilogramme für die Oberflächen der Probekörper aus Grauguß Zl 15; nach 12 Stunden; vertikale Vergrößerung 400  $\times$ ; horizontale Vergrößerung 200  $\times$ ; a) vor dem Vorgang; b) nach dem Vorgang

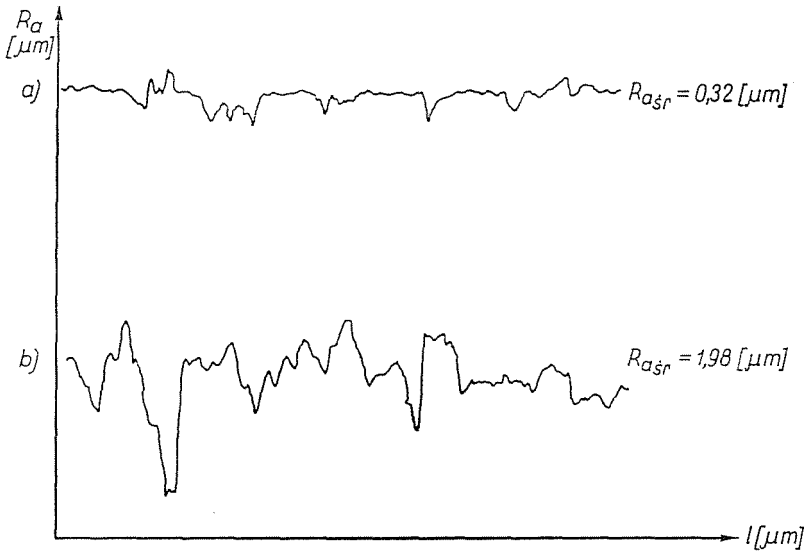


Diagramm 3. Profilogramme für die Oberflächen der Probekörper aus Grauguß Zl 15; nach 12 Stunden; vertikale Vergrößerung 400  $\times$ ; horizontale Vergrößerung 200  $\times$ ; a) vor dem Vorgang; b) nach dem Vorgang



Tabelle 2

Veränderungen der Oberflächenrauigkeiten für untersuchte Stahlproben

Stahlsorte	Ra <sub>0</sub>		Ra <sub>k</sub>		ΔRa = Ra <sub>k</sub> - Ra <sub>0</sub>
	μm	nach ISO 1302-71	μm	nach ISO 1302-71	μm
55 (C 60)	0,69	N 6	0,32	N 5	-0,37
	0,045	N 2	0,20	N 4	+0,155
NC 6 (145 CrV6)	0,52	N 6	0,38	N 5	-0,14
	0,48	N 6	0,26	N 5	-0,22
NC 11 (210 Cr46)	0,36	N 5	0,26	N 5	-0,10
	0,080	N 3	0,18	N 4	-0,100

Tabelle 3

Veränderungen der Oberflächenrauigkeiten für untersuchte Graugußproben

Graugußsorte	Dauer	Ra <sub>0</sub>		Ra <sub>k</sub>		Ra = Ra <sub>k</sub> - Ra <sub>0</sub>
	des Vorganges in Stunden	μm	nach ISO	μm	nach ISO	μm
ZL 15 (GGL-15)	6	1,40	N 7	1,70	N 8	+0,30
		0,23	N 5	0,80	N 6	+0,57
	9	1,55	N 7	1,74	N 8	+0,19
		0,21	N 5	0,94	N 7	+0,73
12	1,85	N 8	2,45	N 8	+0,60	
	0,32	N 6	1,98	N 8	+1,66	
ZL 25 (GGL-25)	6	1,65	N 8	1,70	N 8	+0,05
		0,55	N 6	1,35	N 7	+0,80
		1,30	N 7	3,80	N 9	+2,50
		0,23	N 5	3,25	N 9	+3,02

Wurde die Dauer des Vorganges auf 12 Stunden verlängert, so sank die Endrauigkeit der Oberfläche auf den Wert Ra = 1,98 - 3,80 μm (N8 - N9).

### Zusammenfassung

Die Inchromierung beeinflusst wesentlich die Oberflächenrauigkeit der Stahl- und Graugußzeugnisse.

Bei Stahlerzeugnissen beträgt die Endrauhigkeit nach der Inchromierung, ganz unabhängig von dem Ausgangszustand ( $R_a = 0,080 - 1,690 \mu\text{m}$ ,  $R_a = 0,180 - 0,380 \mu\text{m}$ ).

Bei Graugußprobekörpern findet hingegen schon nach 6 bis 9 Stunden eine Erhöhung der Oberflächenrauhigkeit von  $R_a = 0,21 - 0,55 \mu\text{m}$  auf  $R_a = 0,80 - 1,35 \mu\text{m}$  statt.

Bei Stahl wurde kein Einfluß des Kohlenstoffgehalts auf den Zustand der Oberflächenrauhigkeit nach der Inchromierung festgestellt; es wurde auch kein Einfluß der metallischen Graugußgrundmasse auf die Änderungen der Oberflächenrauhigkeit nachgewiesen.

Die Rauheit der Oberfläche nach der Inchromierung läßt sich durch Schleifen oder Polieren erhöhen.

### Literatur

1. DUBININ, G. N.: Diffusionnoe chromirowanie splawow, Isd. Maschinostroenie, Moskwa 1964.
2. MINKEVITS, A. N.: Chimikotermitscheskaja obrabotka metallov, Isd. Maschinostroenie, Moskwa 1965.
3. FIAŁKOWSKI, K.—RZEPKA, E.: Przegląd Mechaniczny 1, 1974, S. 18.
4. Polnische Norme PN-64/H-04662 (odpowiednik TGL 154677-1970).  
Polnische Norme PN-60/H-85023 (odpowiednik TGL 4393 101-056, 11415).  
Polnische Norme PN-73/M-04251 (odpowiednik ISO R 1302-71).
5. LACHOWICZ, L. S. i in.: Mnogokomponentnyje diffuzionnye pokrytija, Isd. Nauka i Technika, Minszk 1974.
6. LAWRENKO, N. A. i in.: Zaszczitnyje pokrytija na metallach, Wypusk 2, 1968, S. 139, Isd. Naukowa Dumka, Kijów 1968.
7. DUBININ, G. N.—SAPEROW, V. P.: Izv. VUZ Czern Metall, Nr. 1, S144, 1972.
8. KIDIN, J. N. i in.: Izv. VUZ Czern Metall, Nr. 1, S. 128, 1975.
9. BAZILLE, P.: Iron a Steel t. 38, Nr. 14, S. 666, 1965.
10. PONOMARIENKO, E. P.—DOMIO, A. A.—KUZNIECOW, A. A.: Zaszczitnyje Pokrytija na metallach, Wypusk 7, 1973, S. 122, Isd. Naukowa Dumka, Kijów 1973.
11. LUBKIEWICZ, J.—TACIKOWSKI, J.: Prace Instytutu Mechaniki Precyzyjnej, Zeszyt 70/4-A/1970. S. 18.
12. CHOMKA, W.—DOWDA, W.—NOWAK, L.: Metaloznawstwo i obróbka cieplna, Zeszyt 17, 1975, S. 12.
13. LACHOWICZ, L. S. i in.: Zaszczitnyje pokrytija na metallach, Wypusk 7, 1973, S. 15, Isd. Naukowa Dumka, Kijów 1973.

Dr. Konrad FIAŁKOWSKI	} Politechnika, 31155 Krakow
Ewaryst RZEPKA	