

Das Gießen von Stahl in eine wassergekühlte Kupferkokille.

Von Dr.-Ing. W. Oertel in Willich (Rhld.).

Bericht Nr. 145 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute¹⁾.

(Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen sowie zum Teil Bestimmung des Härtebereiches, der Vielhärtungszahl und der magnetischen Eigenschaften an einigen, in eine wassergekühlte Kupferkokille vergossenen Stählen.)

Bereits seit längerer Zeit werden Metallegierungen in wassergekühlte Metallformen vergossen. Die Vorteile dieses Verfahrens sind im Schrifttum eingehend besprochen worden²⁾. Es sind kurz folgende: günstige Abkühlungsverhältnisse für das Gußstück, Verringerung des Lunkers, glatte Oberfläche des Gußstückes und nahezu unbeschränkte Haltbarkeit der Gußform.

Imfolgenden wird über Versuche berichtet, auch Stahl in eine wasserge-

kühlte Form zu vergießen. Zur Verfügung stand eine Form für Blöcke von 200 kg Gewicht³⁾. Sie bestand aus einem konischen Kupferrohr von 200 mm lichter

Zahlentafel 1. Chemische Zusammensetzung der erzeugten Schmelzen in %.

Schmelzung	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
T 1099	0,44	0,24	0,68	—	—	—	—	—
T 1006	0,30	0,20	0,39	0,018	0,010	—	—	—
T 1007	0,32	0,18	0,35	0,008	0,010	—	—	—
T 1100	0,70	0,16	0,27	—	—	0,59	5,65	—
Schnellarbeitsstahl	0,72	—	—	—	—	4,20	17,6	1,4

Zahlentafel 2. Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen an Schmelze 1006.

Lage	Abmessung mm ϕ	Zustand	Streckgrenze kg/mm ²	Festigkeit kg/mm ²	Dehnung %		Einschnürung %	Spezifische Schlagarbeit mkg/cm ²
					5 d	10 d		
I. Gekühlte Kupferkokille.								
Mitte	75	normal	44,6	72,6	23,6	17,8	49,5	6,3
Fuß	35	„	47,1	72,6	24,8	18,4	55,2	7,5
Kopf	35	„	45,8	73,9	26,4	19,5	53,8	7,6
Mitte	75	vergütet	54,8	79,0	20,4	15,2	56,5	9,5
Fuß	35	„	58,6	79,0	24,8	18,0	64,0	12,9
Kopf	35	„	57,4	79,0	24,0	18,0	62,8	12,9
II. Gewöhnliche Kokille.								
Mitte	75	normal	45,2	72,6	22,4	16,2	51,1	6,9
Fuß	35	„	44,6	71,3	25,2	19,8	51,1	8,0
Kopf	35	„	43,3	73,9	22,4	17,8	52,5	9,9
Mitte	75	vergütet	54,2	77,7	21,2	14,6	53,8	8,2
Fuß	35	„	59,9	78,3	24,0	17,0	62,8	13,1
Kopf	35	„	59,9	81,5	21,0	14,6	64,0	11,1

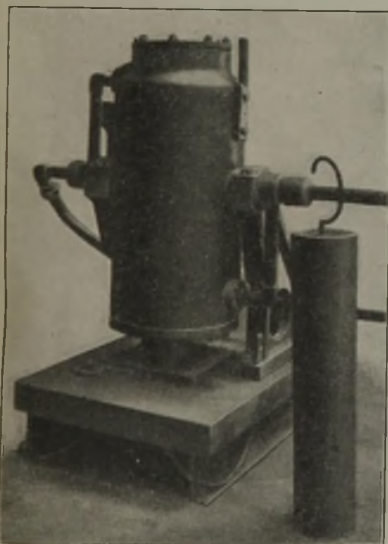


Abbildung 1. Ansicht der wassergekühlten Kupferform sowie eines vergossenen Blockes.

Weite, 20 mm Wandstärke und etwa 1000 mm Länge. Das Kupferrohr ist in einem Abstand von etwa 70 mm durch einen gußeisernen Mantel umschlossen, der gegen das Kupferrohr an beiden Enden durch Verschraubungen gut abgedichtet war. Den Boden der Form bildete eine auswechselbare Eisenplatte. Der Eintritt des Kühlwassers erfolgte durch ein zweizölliges Rohr am unteren Ende der

¹⁾ Vorgetragen auf der Sitzung des Arbeitsausschusses am 8. Februar 1929.

²⁾ Vgl. W. Rohn: Z. Metallk. 19 (1927) S. 473/8; O. Junker: Z. Metallk. 18 (1926) S. 312/4.

³⁾ Die Gußform stammt aus den Werkstätten der Firma O. Junker, Stolberg, und wurde dem Verfasser freundlichst zur Verfügung gestellt.

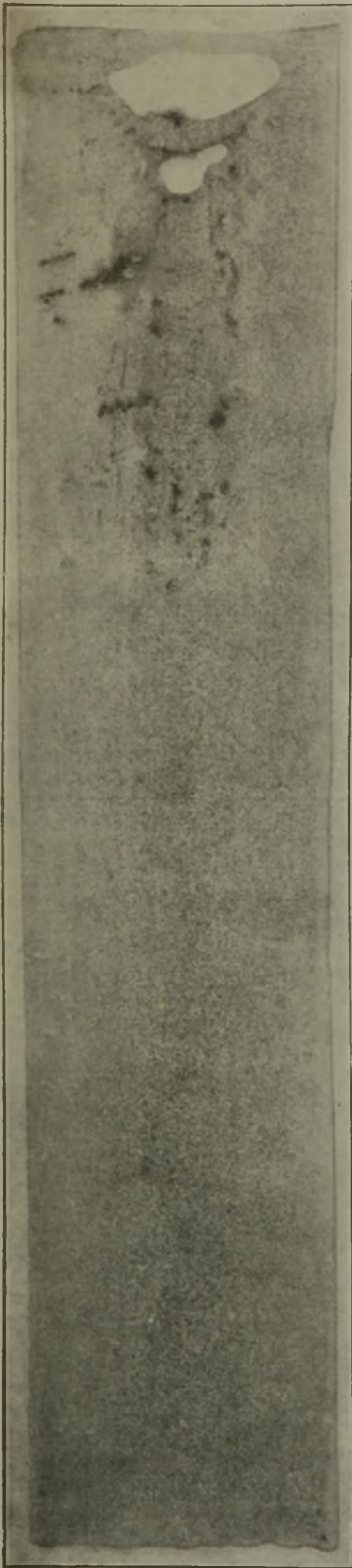


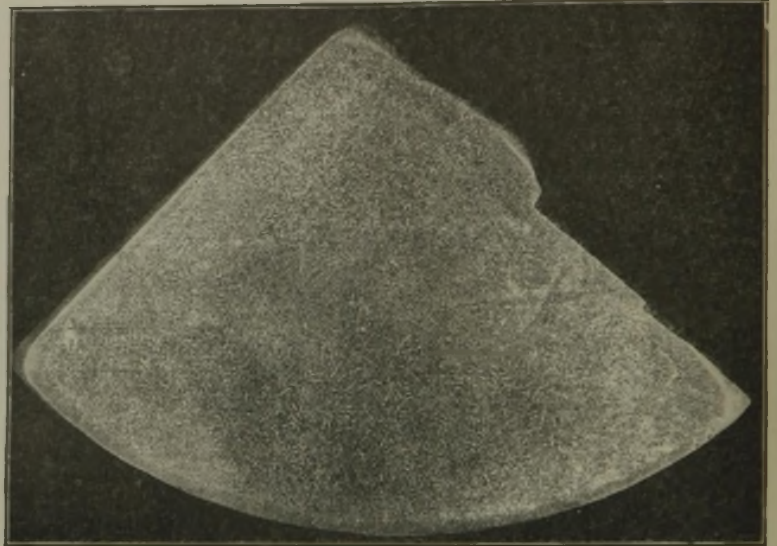
Abbildung 2. Schnitt durch einen Block aus der Kühlkokille (Schwefelätzung).

Die Schmelzen wurden in einem kleinen Héroult-Ofen erzeugt. Das Gießen der Blöcke erfolgte ohne Schwierigkeiten. Der Stahl erstarrte sehr schnell, so daß nach wenigen Minuten der Block gezogen werden konnte. Die

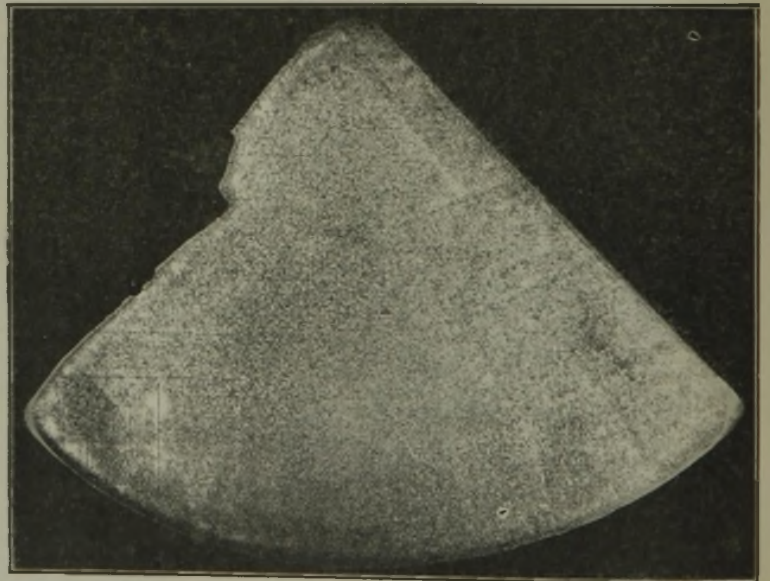
Form. Die Form ist kippbar angeordnet. Abb. 1 zeigt die Ansicht der Gußform nebst einem in der Form gegossenen Block. Um das Verhalten des Stahles beim Gießen und

Oberfläche der Blöcke war glatt, ohne Poren und frei von Rissen. Die Wandung der Blockform zeigte keinerlei Veränderung und konnte ohne Vorbereitung sofort wieder benutzt werden. Die Temperatur des Kühlwassers stieg beim Gießen für kurze Zeit auf 40°.

Zur Werkstoffprüfung wurden Blöcke längs durchgeschnitten und der Verlauf der Seigerungen sowie das Gefüge der roh gegossenen Blöcke untersucht. Die Festigkeitseigenschaften wurden im gegossenen wie im geschmiedeten



Mitte



Mitte

1/2

Abbildung 3. Querschnitte von Blöcken aus der Kühlkokille. Primärätzung.

seine Werkstoffeigenschaften zu erproben, wurde eine Anzahl Schmelzen hergestellt, deren chemische Zusammensetzung aus *Zahlentafel 1* erhellt.

Zustande, die magnetischen Eigenschaften des Wolfram-Magnetstahles im gewalzten und gehärteten Zustande geprüft. In allen Fällen wurden die Härtebereiche bestimmt und die Vielhärtungszahl ermittelt. Der Schmiedeausschuß wurde beobachtet.

Ein in die beschriebene Kupferkokille gegossener und in der Längsrichtung aufgeschnittener Block zeigte z. B. neben einem flachen Lunker in dem oberen Blockdrittel einige Hohlräume und Blasen, die zum Teil auf die Entstehung von Schwitzwasser im oberen Teil der Gießform zurückzuführen sind (*Abb. 2*). Im übrigen ist der Block dicht und frei von Gußblockseigerungen. Der in einer guß-

eisernen Form vergossene Vergleichsblock zeigte einen wesentlich längeren Lunker und weniger dichtes Gefüge. Abb. 3 gibt das Gußgefüge aus der Mitte zweier in die wassergekühlte Form gegossenen Blöcke wieder. Auch hier ist die Dichte und Feinkörnigkeit des Gefüges deutlich sichtbar. Nach Sekundärätzung in Salpetersäure zeigte das Feingefüge Ferritnadeln in sorbitischer Grundmasse (Abb. 4). Die chemische Analyse des Kohlenstoff-, Phosphor- und Schwefelgehaltes aus Kern und Rand des Blockquerschnittes über die ganze Länge des Blockes zeigte keinerlei Unterschiede. Die Kerbzähigkeit von Proben, die über dem Querschnitt im oberen, mittleren und unteren Teil des Blockes entnommen waren, betrug gleichmäßig 1,4 bis 1,6 mkg/cm². Die Rohblöcke wurden auf Querschnitte von 75 und 35 mm ϕ heruntergeschmiedet. Der Abfall beim Schmieden war bei dem ohne Haube vergossenen wassergekühlten Block erheblich geringer als bei dem mit Haube

Die Blöcke der Schmelze 1100 (Magnetstahl) wurden abgedreht und verwalzt. Hier zeigte sich der wesentliche Vorteil der glatten Oberfläche des in die Kühlkokille vergossenen Blockes vor dem normalen Gußblock. Der Drehabfall betrug 11 % des Blockes aus der Kühlkokille gegenüber 20 % beim normal vergossenen Stahl. Zur Bestimmung des Härtebereiches wurden Proben von 20 mm \square bei 800 bis 860° in Wasser gehärtet, das Bruchaussehen beobachtet und die Rockwellhärte (C) gemessen. Das Ergebnis der Untersuchung zeigt Zahlentafel 3.

Zur Feststellung der Vielhärtungszahl wurden Proben bei 820° in Wasser bis zur Entstehung von Rissen gehärtet. Die Proben rissen nach der fünften Härtung. Weder Härtebereich noch Vielhärtungszahl waren für die beiden Blockarten merklich verschieden. Jedoch waren beim Vielhärtungsversuch die Proben des Blockes aus der Kühlkokille nach den Härtungen weniger verzogen als die

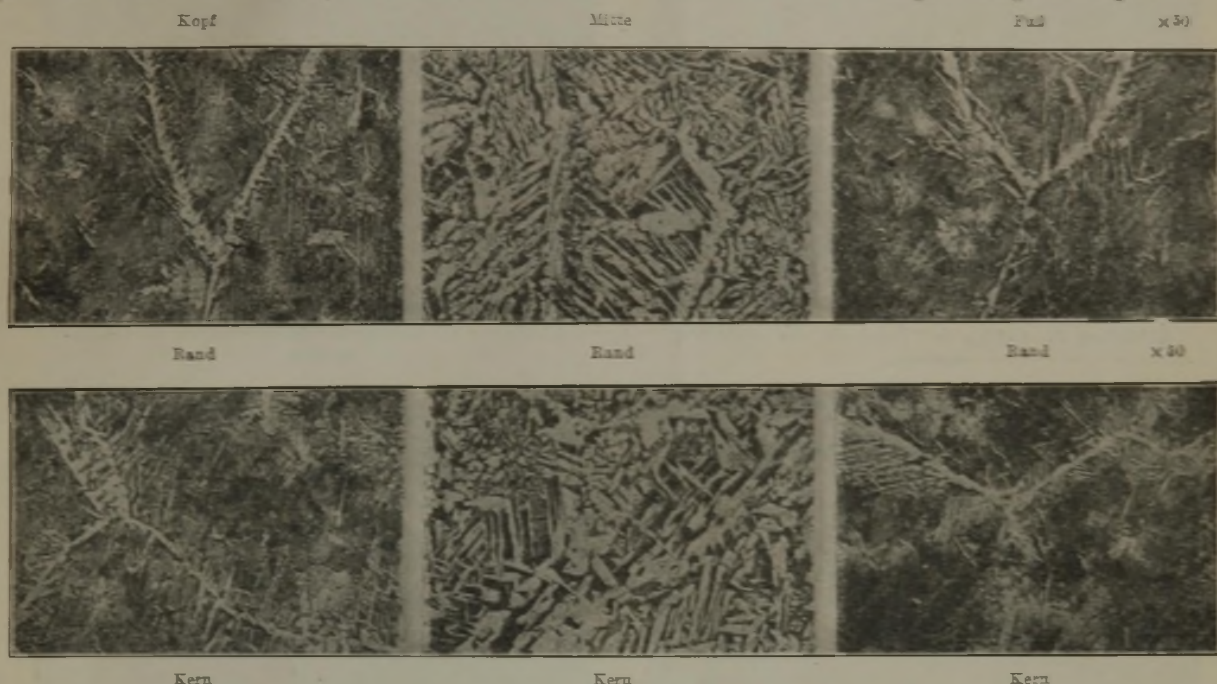


Abbildung 4. Sekundärgefüge an verschiedenen Stellen eines Blockes aus der Kühlkokille.

gegossenen Vergleichsblock. Ein Abdrehen der Oberfläche der gekühlten, sehr glatten Blöcke ist nicht erforderlich. Der Härtebereich war sowohl beim gekühlten wie beim gewöhnlich vergossenen Stahl ausreichend.

Um einen Vergleich für den Gehalt an großen Schlackeneinschlüssen zu haben, wurden die groben Einschlüsse des geschmiedeten Stahles an mehreren Stellen über dem ganzen Querschnitt ausgezählt. Es ergab sich ein Mittel von 107 bzw. 79 Einschlüssen für den normal vergossenen Stahl und von 72 bzw. 58 Einschlüssen für den Stahl aus der gekühlten Kupferkokille. Die Einschlüsse liegen hier in feinerer Verteilung vor als dort, ein nicht unwesentlicher Vorteil für die gekühlte Form. Weiterhin wurden die Festigkeitseigenschaften des geschmiedeten Stahles und die magnetischen Eigenschaften der Schmelze T 1006 geprüft. Das Ergebnis der Festigkeitsbestimmungen ist in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

Wie aus den angegebenen Zahlen hervorgeht, sind Unterschiede der Festigkeitswerte und der Kerbzähigkeit zwischen den beiden Gießarten nicht ermittelt worden. Dagegen zeigt sich deutlich der Unterschied der Verschmiedung von 75 mm auf 35 mm Dmr. in den Werten für Streckgrenze, Einschnürung, Dehnung und Kerbzähigkeit.

Zahlentafel 3. Härtebereich des erschmolzenen Magnetstahles.

Temperatur ° C	Gewöhnliche Kokille Rockwellhärte C	Kühlkokille Rockwellhärte C	Bruchaussehen
800	66 bis 68	63 bis 66	samtartig
820	64 .. 67	64 .. 66	..
840	64 .. 66	64 .. 65	..
860	64 .. 66	64 .. 66	..

Proben aus dem normal vergossenen Block. Zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften wurden Flachkantproben bei 800, 820, 840 und 860° in Wasser gehärtet und die magnetischen Werte auf einem Bosch-Remanenzmesser untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung geht aus Zahlentafel 4 hervor. Unterschiede zwischen den beiden Gießarten wurden auch hier nicht festgestellt.

Der Rohblock des Schnellarbeitsstahles zeigte nach dem Ziehen aus der Form keinerlei Risse und Oberflächenfehler. Aus dem gekühlten Block wie auch aus einem normal vergossenen Vergleichsblock wurden 2 mm vom oberen Blockende Scheiben herausgeschnitten und metallographisch untersucht. Das Ergebnis der Gefügeuntersuchung zeigen Abb. 5 bis 8. Das Gefüge

Zahlentafel 4. Magnetische Eigenschaften des erschmolzenen Magnetstahles.

Temperatur °C	Kühlkokille			Gewöhnliche Kokille		
	Remanenz \mathfrak{B}_r	Koerzi- tivkraft \mathfrak{H}_c	$\mathfrak{B}_r \cdot \mathfrak{H}_c \cdot 10^{-3}$	Remanenz \mathfrak{B}_r	Koerzi- tivkraft \mathfrak{H}_c	$\mathfrak{B}_r \cdot \mathfrak{H}_c \cdot 10^{-3}$
800	11 800	61	720	12 000	63	756
820	11 750	62	725	12 000	62	745
840	11 700	62	725	12 000	64	770
860	11 700	63	737	11 800	63	745

des gekühlten Blockes ist sowohl am Rand wie im Kern wesentlich feiner als das Gefüge des normal vergossenen Blockes, entsprechend der schnelleren Abkühlung des

× 100

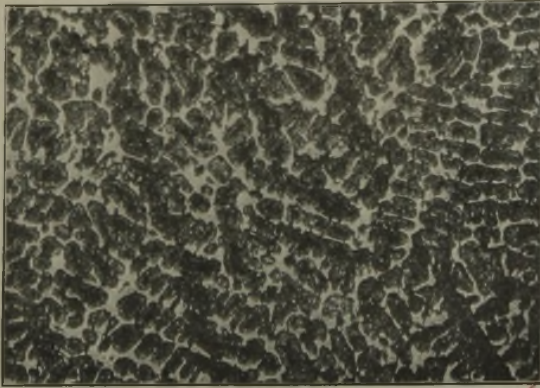


Abbildung 5. Gefüge der Randzone des gekühlten Blockes.

× 100

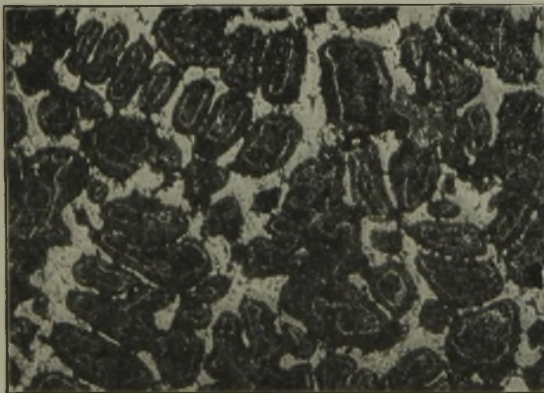


Abbildung 7. Gefüge der Kernzone des gekühlten Blockes.

Die Vorteile, die das Gießen von Stahl in wassergekühlten Kupferformen bietet, werden in erster Linie wirtschaftlicher Art sein. Bei der Verwendung mehrerer Formen beim Gießen großer Schmelzen dürfte es möglich sein, mit einem wesentlich kleineren Kokillenpark auszukommen, da die Blöcke sehr schnell erstarren, bereits wenige Minuten nach dem Guß gezogen werden können, und die Formen ohne Vorbereitung sofort wieder für einen neuen Guß bereit sind. Die Formen verschleßen nicht, ihre Haltbarkeit ist nahezu unbegrenzt. Da die Blöcke ohne Haube vergossen werden können und der Lunker sehr kurz ist, ist der Schmiedeabfall nur gering. Die Oberfläche der Blöcke ist rein und glatt, so daß die Blöcke nur in den

× 100

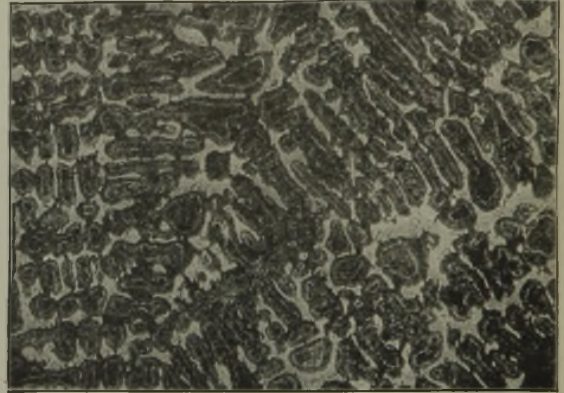


Abbildung 6. Gefüge der Randzone des Vergleichsblockes.

× 100

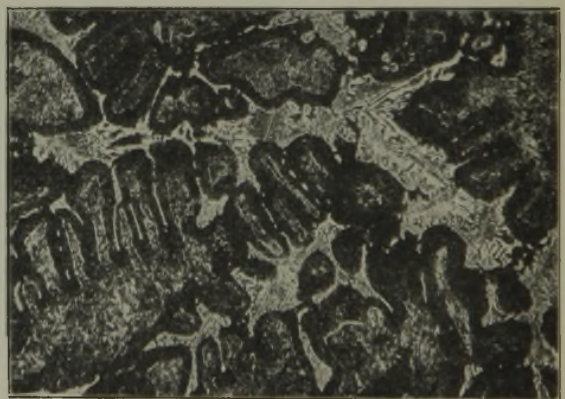


Abbildung 8. Gefüge der Kernzone des Vergleichsblockes.

Gusses in der wassergekühlten Form. Der Unterschied beträgt durchschnittlich das Doppelte bis Dreifache der Länge der Dendriten. Diese Tatsache dürfte für die Herstellung schwerster Werkzeuge aus Schnellarbeitsstahl, wie Abwälzfräser, Scheibenfräser u. dgl., von Bedeutung sein, da es hier auf eine feine, möglichst gleichmäßige Verteilung aller Karbide in erster Linie ankommt.

Zusammenfassung.

Das Ergebnis der Untersuchungen kann kurz dahingehend zusammengefaßt werden:

In der anschließenden Erörterung wurde folgendes ausgeführt.

Dr.-Ing. F. Rapatz, Düsseldorf: Zu der Ausbildung des Gefüges am Rande der Blöcke möchte ich bemerken, daß sich selbst durch rascheste Abkühlung kein feineres Gefüge erzielen läßt, als durch die übliche Abkühlung in einer gußeisernen Kokille. Ich konnte früher¹⁾ feststellen, daß sogar durch Abkühlen

seltensten Fällen abgedreht zu werden brauchen. Qualitativ von Vorteil ist das außerordentlich fein ausgebildete Gußgefüge des Rohblockes sowie das Fehlen von groben Schlacken und Gußblockseigerungen. Die beschriebenen Versuche können nur als Vorversuche gewertet werden. Um zu einem endgültigen Urteil über die Eignung von wassergekühlten Kokillen zu kommen, werden Gießversuche im Stahlwerk auch mit Formen verschiedenen Querschnitts im Dauerbetrieb durchgeführt werden müssen.

aus dem Schmelzfluß in kaltem Wasser keine feinere Gefügeausbildung zu erzielen war, als sie schon der Rand eines normal vergossenen Blockes hatte. Der in Abb. 5 und 6 wiedergegebene Unterschied ist mir deshalb nicht erklärlich.

Was das Gefüge aus dem Kern angeht, so kann ich einen großen Unterschied nicht bemerken. Die Primärkristalle in Abb. 7 sind zwar etwas kleiner als die in Abb. 8, die Korngröße des Ledeburits jedoch, auf die es in der Hauptsache ankommt, ist nicht

¹⁾ St. u. E. 44 (1924) S. 1133, Abb. 4.

