

ÜBER DIE AN DER OBERFLÄCHE DES Fe-Si-RAHMENKRYSTALLS VERLAUFENDEN MAGNETISIERUNGSPROZESSE

VINCENT KAVEČANSKÝ, Košice

An der Oberfläche eines magnetischen Kreises werden die Magnetisierungsprozesse mit Hilfe des Magnepulverprüfverfahrens zur Sichtbarmachung der magnetischen Bereiche und die Veränderungen der Oberflächennachbildung der räumlichen Struktur mit Hilfe der auf dem transversalen Kerr-Effekt beruhenden magnetooptischen Methode untersucht. Aus den Versuchen ergibt sich, daß die Veränderungen der Oberflächennachbildung ähnlich wie auch die magnetische Bereichsstruktur von der Orientierung der Oberfläche in empfindlichen Maße abhängig sind, bei wiederholter Ummagnetisierung nicht immer den gleichen Verlauf haben und keine Stabilisierungstendenz aufweisen. Die Veränderungen der oberflächennachbildung werden mit den Veränderungen der Oberflächennachbildung verglichen; meist stehen diese Veränderungen in Übereinstimmung. Es wird jedoch ein Fall angeführt, in welchem dies nicht behauptet werden kann. Es wurden auch solche Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur sowie der Oberflächennachbildung beobachtet, die negativen Barkhausen-Sprüngen entsprechen. Grund der gewonnenen experimentellen Ergebnisse wird ein Modell zur Aufteilung der Probe in Teile angeführt, mit dessen Hilfe die Existenz der beobachteten Effekte begriffen werden kann.

EINLEITUNG

Wie schon aus den vorhergehenden Arbeiten [1, 2] hervorgeht, unterscheidet sich die Abhängigkeit der Magnetisierung einer sehr dünnen Oberflächenschicht eines Ferrromagnetikums vom einwirkenden äußeren Magnetfeld im allgemeinen in bedeutendem Maße von der über das Volumen der Probe gemessenen analogen Abhängigkeit. Es kann angenommen werden, daß diese Unterschiedlichkeit gewissermaßen durch die spezifischen Eigenschaften der Oberfläche selbst beeinflusst wird, und auch, daß sie lokale Prozesse widerspiegelt, die bei der Magnetisierung der Probe in deren relativ sehr kleinem Volumen vor sich gehen. Dies bezieht sich auch auf den Einfluß der in der Arbeit [2] untersuchten Störungen.

Während in den erwähnten Arbeiten die Abhängigkeit der Oberflächen-

magnetisierung vom einwirkenden Magnetfeld überwiegend auf geschlossenen polykristallinen Fe-Si-Proben studiert wurde, beschreibt die vorliegende Arbeit die an der Oberfläche des Rahmenkristalls erzielten Ergebnisse. Die Messungen der Abhängigkeit der Oberflächennachbildung von einwirkenden magnetischen Feld wurden mit Hilfe der auf dem Prinzip des transversalen Kerr-Effektes beruhenden magnetooptischen Methode, die in der Arbeit [1] beschrieben wurde, durchgeführt. Die an der Oberfläche der Probe verlaufenden Magnetisierungsprozesse wurden auch mikroskopisch, mit der Methode der Sichtbarmachung der magnetischen Bereichsstruktur mit Hilfe einer ferromagnetischen Kolloidsuspension, beobachtet. Diese beiden Methoden ergänzen sich gegenseitig und ermöglichen eine bessere Einsicht in die an der Oberfläche eines Ferrromagnetikums bei dessen Magnetisierung verlaufenden Prozesse.

EXPERIMENTELLER TEIL

Für das Studium der Magnetisierungsprozesse an der Oberfläche eines ziemlich einfachen magnetischen Kreises wurde eine Einkristall-Probeprobe bereitet. Die Arme des Rahmens wurden in der Richtung der leichten Magnetisierung gewählt. Die nahe an den kristallographischen Ebenen gelegenen Ebenen {100} bildeten die Oberfläche des Rahmens. Die Ausmaße der angewendeten Probe und ihre Orientierung ist aus der schematischen Abb. 1 ersichtlich (die Ausmaße der Probe sind in mm angeführt).

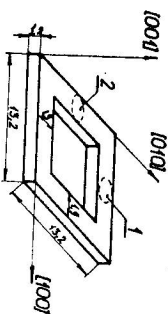


Abb. 1. Schema des Rahmenkristalls.

Die Magnetisierung der Probe wurde mit Hilfe der auf den freien Rahmenarmen ruhenden Magnetisierungswicklung durchgeführt und die Beobachtung der Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur im Laufe der Magnetisierung wurde durch eine Einrichtung ermöglicht, die der Ausstroeknung der Kolloidlösung vorbeugt. Sie war der in der Arbeit [3] angewendeten Einrichtung ähnlich. Sämtliche Messungen wurden bei Zimmertemperatur vorgenommen.

Die Magnetisierungsprozesse an der Oberfläche der Probe wurden an zwei Stellen des Rahmens studiert, die sich nur bezüglich ihrer Lage zu den kristallographischen Achsen unterscheiden. Die als Nr. 1 (in Abb. 1) bezeichnete

Armoberfläche fiel in die Richtung [100] mit einer Genauigkeit von mehr als $0,5^\circ$, was auch die an dieser Stelle der Oberfläche (Abb. 2) beobachtete magnetische Bereichsstruktur beweist. Die als Nr. 2 (in Abb. 1) bezeichnete Armo-

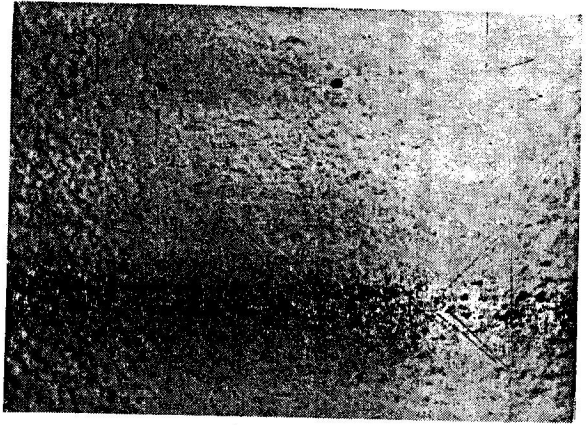


Abb. 2. Magnetische Bereichsstruktur an der genau in die Richtung [100] fallenden Armoberfläche

berfläche wies in bezug zu der Richtung [010] eine Neigung von etwa $1,5^\circ$ auf, was im Entmagnetisierungszustand an der Oberfläche das Entstehen einer komplizierten, aber gleichmäßig einschließenden magnetischen Bereichsstruktur (Abb. 3) bewirkt.

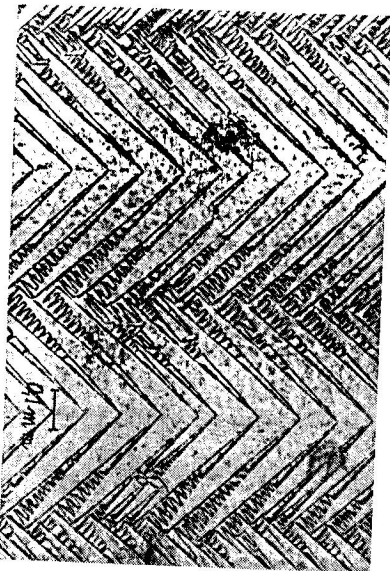


Abb. 3. Magnetische Bereichsstruktur an der zur Richtung [010] schwach geneigten Armoberfläche.

Auf dem Arm, dessen Oberfläche genau in die Richtung [100] fiel, entsprang der beschriebene Magnetisierungsprozess aus dem auf Abb. 2 wiedergegebenen Zustand. Die magnetische Bereichsstruktur besteht hier aus zwei 180° Bloch-entlang der Magnetisierungskurve oder der Hystereseschleife wurde durch verschiedene Variationen der Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur begleitet; sie bestanden

- a) aus der fließenden, langsamen und gut sichtbaren Verschiebung einer oder beider Blochwände,
- b) aus der plötzlichen und rasch verlaufenden Veränderung der Lage der Blochwände,
- c) manchmal auch aus einer spontan fließenden und langsamen Verschiebung der Blochwand zu einem Zeitpunkt, als das einwirkende Magnetfeld bereits stabilisiert war.

Die langsame und fließende Verschiebung der Blochwände verlief sehr verschieden, z. B.: durch die Verschiebung der beiden Wände in entgegengesetzter Richtung mit annähernd gleicher oder deutlich unterschiedlicher Geschwindigkeit; durch die Verschiebung der beiden Wände in übereinstimmender Richtung mit unterschiedlicher Geschwindigkeit; durch die Verschiebung der einen Wand, wobei die andere sich nicht bewegte, und bei einer weiteren Veränderung des Magnetfeldes stabilisierte sich die bewegliche Wand und die bis jetzt ruhende Wand setzte sich in Bewegung u.ä. Diese Veränderungen der Bereichsstruktur während des Magnetisierungsprozesses wurden mikroskopisch beobachtet und viele dieser Veränderungen wurden auf Mikrographien festgehalten. Aus diesen Mikrobildern wurden die Flächenunterschiede der umgekehrt orientierten Gebiete gefolgt (dabei wurden die Einschließbezirke im Störungsbereich vernachlässigt) und mit dem betreffenden einwirkenden magnetischen Feld in Zusammenhang gebracht, wodurch wir der Magnetisierungskurve und der Hystereseschleife ähnliche Kurven erhielten. Diese Ergebnisse sind aus Abb. 4 ersichtlich, wo S die Flächenunterschiede der umgekehrt orientierten Bereiche bezeichnet. Der Magnetisierungsprozeß geht aus dem Entmagnetisierungszustand hervor, und die durch das Anwachsen des Magnetfeldes entlang der Neukurve bewirkten Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur sind durch Punkte bezeichnet. Die bei der Ummagnetisierung entlang zweier aufeinanderfolgender Hystereseschleifen vorgehenden Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur sind in dieser Abbildung nacheinander durch Kreise, Kreuze, Dreiecke und Vierecke bezeichnet. Ein anomaler Verlauf¹⁾ der Hystereseschleife im Intervall der negativen

¹⁾ Wir sprechen von einem anomalen Verlauf der Schleife falls wir solche Teile annehmen, bei denen der Änderung des Magnetfeldes mit einem bestimmten Vorzeichen die Änderung der Magnetisierung umgekehrten Vorzeichens entspricht.

Magnetfelder (Abb. 4) entstand nach zwei plötzlichen Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur. Nach der ersten plötzlichen Änderung (im Feld $H = -0,024 \text{ Oe}$) bleibt an der Oberfläche der Probe nur eine Blochwand erhalten, die sich bei einem weiteren Absinken des Feldes in der Richtung zu dem inneren Rand des Rahmenarmes bewegt, auf welchem sie sich bei der Einwirkung des Magnetfeldes $H = -0,153 \text{ Oe}$ verliert. Erreichte das Feld die Werte $H = -0,153 \text{ Oe}$, so wurde an der Oberfläche eine weitere starke Veränderung der Einschließbereiche in der Umgebung einiger Störungen beobachtet und unweit des inneren Randes des Rahmenarmes erschien eine Blochwand, die sich bei einer weiteren Verminderung des Feldes wiederum fließend zum Rand der Probe verschob.

Der anomale Verlauf der *Hystereseschleife* in der Umgebung der positiven Koerzitivkraft (Abb. 4) steht in Zusammenhang mit dem Verschwinden einer der Blochwände. Der Magnetisierungsprozeß verlief in diesem Teil des Feldes durch die übereinstimmende Verschiebung der beiden Wände (in Richtung zum inneren Rahmenrand). Nach dem Verschwinden der einen Wand an fließende Verschiebung in entgegengesetzter Richtung. Diese Rückverschiebung der Blochwand äußert sich als anomaler Verlauf der *Hystereseschleife*. (Die experimentellen Ergebnisse sind in der Arbeit [4] eingehender angeführt.)

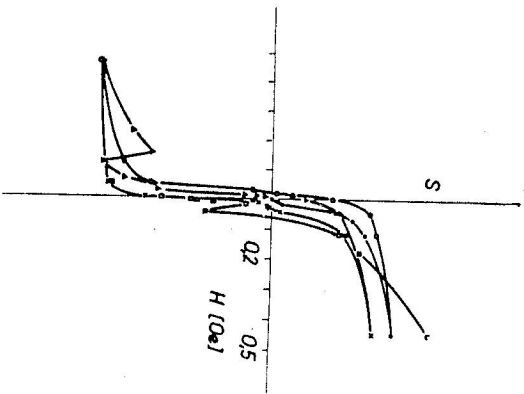


Abb. 4. Die aus den Veränderungen der Bereichsstruktur konstruierte Magnetisierungsstruktur und Hystereseschleifen.

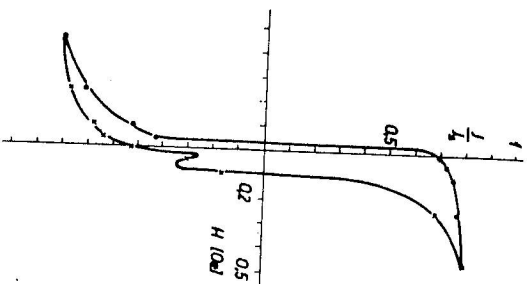


Abb. 5. Die an der genau in Richtung [100] fallenden Armoberfläche gemessene Hystereseschleife.

Nach dieser Beobachtung der Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur wurde die Probe sorgfältig für die folgenden magnetooptischen Messungen vorbereitet, die an derselben Oberfläche durchgeführt wurden, auf welcher wir die angeführten Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur beobachteten. Die ersten drei mit dieser Methode gemessenen Hystereseschleifen waren in ihrem Verlauf sehr verwandt. Die Abb. 5 illustriert eine der gemessenen Schleifen. Der anomale Verlauf der Hystereseschleifen in der Umgebung der positiven Koerzitivkraft, der auch aus der Beobachtung der Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur bei der Magnetisierung der Probe (sichtbar in Abb. 4) folgte, wurde auch bei dieser magnetooptischen Messung in dem gleichen Bereich des magnetischen Feldes gemessen (Abb. 5). Eine mehrfache Wiederholung der Messung der Oberflächenhystereseschleifen an derselben Oberfläche des Modells mit der magnetooptischen Methode zeigte, daß meist nur einige aufeinanderfolgende Hystereseschleifen gegenseitig einen ähnlichen Verlauf haben. Der Verlauf weiterer Schleifen hat sich schon bedeutend verändert und der so veränderte Verlauf wiederholte sich meistens bevor eine weitere wesentliche Formveränderung der Oberflächenhystereseschleife eintrat. Ähnliche Anomalien in dem Verlauf der Oberflächenhystereseschleife, wie sie aus der Abb. 5 ersichtlich sind, wurden auch in anderen Teilen der Oberflächenhystereseschleifen gemessen. In Einzelfällen (etwa 10 % der durchgeführten Messungen) wurden an dieser Oberfläche auch Hystereseschleifen mit ähnlichem Verlauf und mit der entsprechenden Koerzitivkraft, wie die mit der ballistischen Methode über das gesamte Volumen der Probe gemessene Hystereseschleife (Abb. 6), gemessen. Die überwiegende Mehrzahl der gemessenen Oberflächenhystereseschleifen war jedoch in bezug zur Magnetisierungsachse von ziemlich asymmetrischer Form und besaß sich in bedeutendem Maße unterscheidende Werte der *Koerzitivkraft*. Das einzige gemeinsame Merkmal sämtlicher Hystereseschleifen, die an derselben Oberfläche gemessen wurden, war nur der positive Wert der *Remanenzmagnetisierung* und der positive Wert der *Koerzitivkraft*.

Insgesamt wurden auf derselben Oberfläche mit der magnetooptischen Methode, unter den gleichen äußeren Bedingungen, 50 Messungen von Oberflächenhystereseschleifen durchgeführt. Alle diese Messungen wurden an einer Oberfläche von etwa 8 mm^2 durchgeführt, die durch eine Maske begrenzt war und auf deren einem Teil die vorhergehenden Beobachtungen der Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur durchgeführt wurden. Mit Hilfe beider Methoden wurde die Oberfläche über die ganze Armbreite des Rahmens nur in verschiedener Länge beobachtet. Die gegenseitige Vergleichung der mit den beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse ist also gerechtfertigt (es handelt sich um eine einfache magnetische Bereichsstruktur in einer Richtung der Magnetisierung, und zwar in positiver und negativer Richtung).

Magnetooptisch wurden unter denselben Bedingungen auch die Hystereschleifen an der gegenüberliegenden Probenoberfläche gemessen (nach Abb. 1 handelt es sich um die der mit Nr. 1 bezeichneten Fläche gegenüberliegende Oberfläche der Probe). An dieser Oberfläche realisierte sich die Magnetisierung durch einen in der Umgebung der Koerzitivkraft verlaufenden Sprung und die Hystereseschleife der Oberfläche hatte eine rechteckige Form. Die Ergebnisse dieser Messungen sind aus Abb. 7 ersichtlich.

An der Armoberfläche mit der Fläche Nr. 2 (nach Abb. 1), die mit der Richtung [010] einen Winkel von etwa $1,5^\circ$ einschließt und auf welcher in entmagnetisiertem Zustand die in Abb. 3 angeführte Bereichsstruktur sichtbar wurde, verliefen die Magnetisierungsprozesse auf wesentlich unterschiedliche Art. Die auf dieser Oberfläche durchgeführten magnetooptischen Messungen zeigten, daß die Magnetisierung einer solchen Oberfläche in bezug auf die genau in der Richtung der leichten Magnetisierung liegende Oberfläche (Oberfläche des Armes mit der Fläche Nr. 1 nach Abb. 1) weitaus schwächer verläuft und daß die Oberflächenmagnetisierung nicht die Magnetisierungsweite auf der genau in der Richtung der leichten Magnetisierung liegenden Oberfläche auch in 20-mal höheren magnetischen Feldern erreicht. Wiederholte magnetooptische Messungen erwiesen ferner, daß der Verlauf der Oberflächenhystereseschleife in dem Intervall der Felder, die höher liegen als $\pm 1,7$ Oe,

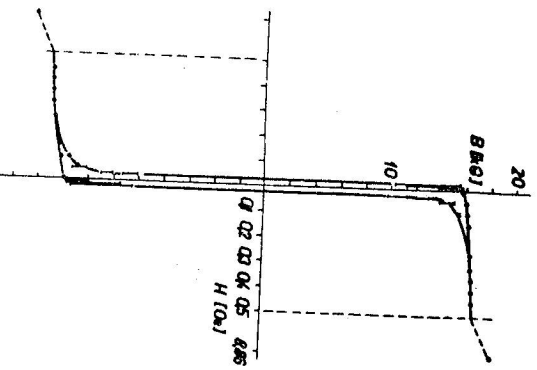


Abb. 6. Die mit der ballistischen Methode gemessene Hystereseschleife der Probe.

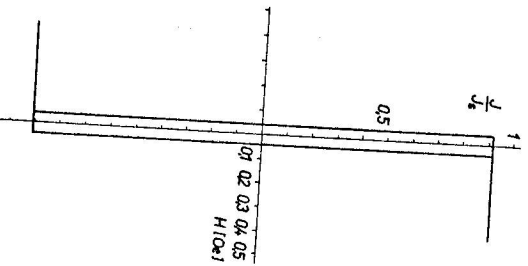


Abb. 7. Die an der entgegengesetzten Armoberfläche als die Schleife in Abb. 5 gemessene magnetooptische Hystereseschleife.

keine Anomalien sowie keine bedeutende Streuung der wiederholt gemessenen Werte der Oberflächenmagnetisierung aufweist. Bei kleineren Feldern aber sind die Werte der Oberflächenmagnetisierung, die man durch wiederholte magnetooptische Messungen gewinnt, durch bedeutende Streuung begleitet (mit einer Streuung der Werte J/J_0 bis $\pm 0,3$). Besonders im Intervall $\pm 0,5$ Oe der äußeren magnetischen Felder sowie in der Umgebung des Nullfeldes kommt es zu sehr plötzlichen, diskontinuierlichen und markanten Veränderungen der Oberflächenmagnetisierung bei einer langsamen und gewissermaßen fließenden Veränderung des einwirkenden magnetischen Feldes. In Abb. 8 ist eine der mittels der magnetooptischen Methode an dieser Oberfläche gemessenen Hystereseschleifen angeführt.

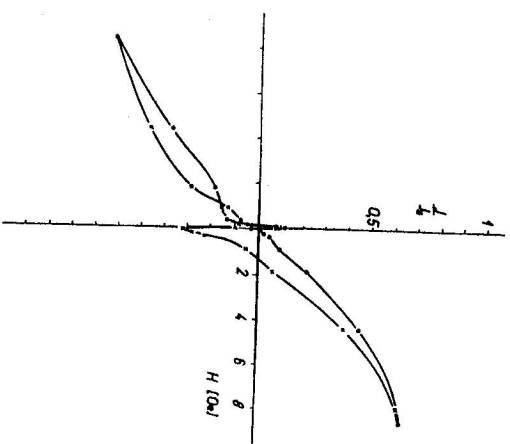


Abb. 8. Die mit der magnetooptischen Methode auf einem Teil der Oberfläche des schwach geneigten Armes gemessene Hystereseschleife.

Die Einschließbereichsstruktur und ihre an dieser Oberfläche bei der Magnetisierung der Probe im Bereich der kleinen Magnetfelder beobachteten Veränderungen waren so kompliziert, daß eine quantitative Auswertung nicht möglich war. Nur im Intervall höherer Magnetfelder war die magnetische Bereichsstruktur schon übersichtlicher und auch bei wiederholten Magnetisierungszyklen in den gleichen äußeren Magnetfeldern von sehr ähnlicher Form. Abb. 9 zeigt die Bereichsstruktur im magnetischen Feld $H = 4,43$ Oe und Abb. 10 im Feld $H = 8,66$ Oe. Es ist ersichtlich, daß die Einschließbereiche an dieser schwach geneigten Oberfläche auch in relativ großen magnetischen Feldern nicht verschwinden. Ihre Größe und Anzahl weisen in bezug auf den Entmagnetisierungszustand (Abb. 3) einen wesentlich niedrigeren Wert auf.

Ähnlich wie die magnetische Bereichsstruktur ist auch die Abhängigkeit der Oberflächenmagnetisierung vom einwirkenden magnetischen Feld auf die Orientierung der Oberfläche bezüglich der kristallographischen Achsen sehr empfindlich. Abb. 5 zeigt eine Hystereseschleife die an der in die kristallographische Ebene $\{100\}$ fallenden Oberfläche gemessen wurde. Am selben magnetischen Kreis jedoch an der schwach zur kristallographischen Ebene $\{100\}$ geneigten Oberfläche ist der Verlauf der Oberflächenhystereseschleife schon sehr unterschiedlich (Abb. 8). Es besteht hier ein unbestreitbarer Zusammenhang mit der magnetischen Bereichsstruktur, die in beiden Fällen auch sehr unterschiedlich ist (Abb. 2 und 3). Auf den Zusammenhang zwischen der magnetischen Bereichsstruktur und der magnetooptisch gemessenen Oberflächenmagnetisierung weisen auch die in Abb. 4 und 5 wiedergegebenen Ergebnisse hin. Diesen Resultaten zufolge kann man sagen, daß die Veränderungen der Bereichsstruktur in ziemlich gutem Einklang mit den mit Hilfe der magnetooptischen Methode gemessenen Veränderungen der Oberflächenmagnetisierung stehen. An der schwach zur kristallographischen Ebene $\{100\}$ geneigten Oberfläche ist es sehr schwierig die magnetische Bereichsstruktur im Intervall der kleinen magnetischen Felder mit Veränderungen der Oberflächenmagnetisierung zu vergleichen, da die magnetische Bereichsstruktur in diesen Feldern eine sehr komplizierte Form aufweist. Nur bei höheren Feldern ist die magnetische Bereichsstruktur, wie sie durch die angewendete Methode sichtbar wird, einfacher und ermöglicht einen gewissen Vergleich mit den magnetooptisch gemessenen Werten der Oberflächenmagnetisierung.



Abb. 9. Magnetische Bereichsstruktur an der Oberfläche des schwach geneigten Armes im Feld $H = 4,43$ Oe.

Wie aus Abb. 9 und 10 ersichtlich, die überwiegende Mehrzahl der Einschliefbereiche (an dieser Oberfläche gut sichtbar in entmagnetisiertem Zustand in Abb. 3) ist schon verschwunden und nur eine relativ geringe Anzahl bleibt erhalten. Es wäre natürlich zu erwarten, daß der diesem Zustand entsprechende Wert der Oberflächenmagnetisierung in der Nähe des Sättigungszustandes liegt. Wie jedoch die magnetooptischen Messungen erweisen (Abb. 8), ist der Wert der Oberflächenmagnetisierung in diesen Magnetfeldern vom Sättigungszustand noch verhältnismäßig weit entfernt.

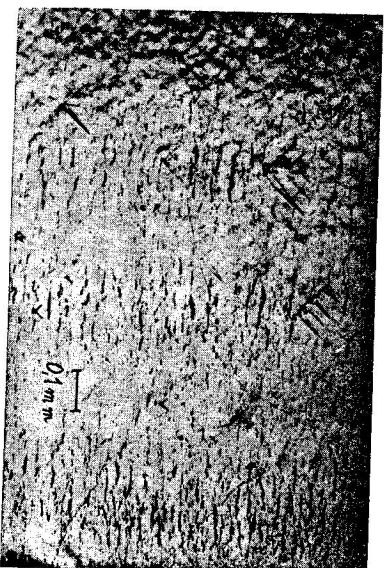


Abb. 10. Wie Abb. 9, jedoch $H = 8,86$ Oe.

Die durchgeführten Beobachtungen der magnetischen Bereichsstruktur, die magnetooptischen Messungen der Oberflächenmagnetisierung sowie die mit Hilfe eines Fluxmeters oder mit der ballistischen Kommutationsmethode durchgeführten Messungen der Volumenhystereseschleifen führen uns zu einer Vorstellung, der zufolge dieser magnetische Kreis aus drei Teilen besteht, wie dies schematisch in Abb. 11 dargestellt ist. Dieser Teilung nach ist sein mittlerer Teil (ähnlich einem Kern), der von den kristallographischen Ebenen $\{100\}$

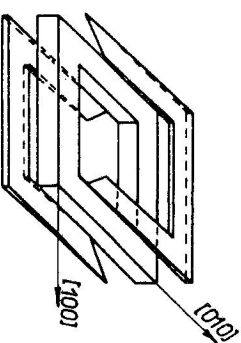


Abb. 11. Schema der Aufteilung der Probe in Teile.

abgegrenzt wird, der grundlegende Teil der Probe. Dieser Kern ist nicht in spontane Magnetisierungsbereiche aufgeteilt, sondern ist in einer Richtung magnetisiert und bildet einen geschlossenen magnetischen Kreis. Durch die Einwirkung des äußeren Magnetfeldes, das in entgegengesetzter Richtung zur Magnetisierungsrichtung der geschlossenen Probe verläuft und der Koerzivaufkraft gleich ist, wird dieser ganze Kreis in sehr kurzen Intervallen des äußeren Magnetfeldes ummagnetisiert. Als zu diesem Kern gehörig betrachten wir die beiden angeschlossenen gleichen Teile des offenen magnetischen Kreises, so wie dies in Abb. 11 wiedergegeben ist. Die schwache Neigung der Oberfläche der Keilarme ohne Einschießgebiete würde sich durch eine hohe magnetostatische Energie auszeichnen. Diesem Zustand wehrt sich die Probe durch das Entstehen von Einschießgebieten, die jedoch das Entstehen der grundlegenden Blochwände erzwingen. Bei einer Veränderung des äußeren Magnetfeldes kommt es gewöhnlich zu einer Verschiebung der grundlegenden Blochwände, die jedoch durch ihre neue Lage vom Standpunkt der an diese unmittelbar anschließenden Einschießbereichsstruktur nicht mehr sehr geeignet zu sein brauchen. Dies kann dazu führen, daß die Einschießbereichsstruktur der Oberfläche vom Gesichtspunkt ihrer Funktion ungeeignet wird und sich eine neue Aufteilung dieses Teiles der Probe auf Bereiche

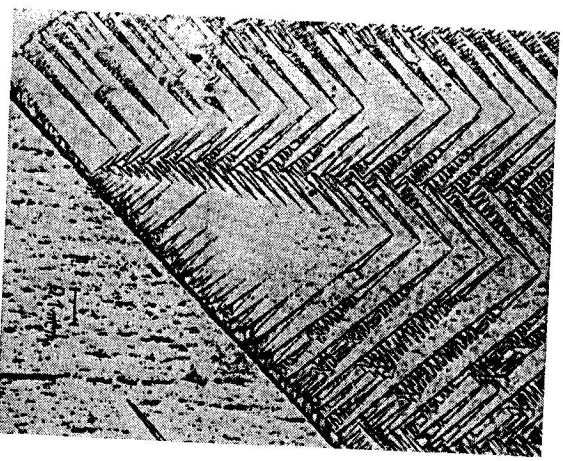


Abb. 12. Magnetische Bereichsstruktur am Anfang der Keilarme.

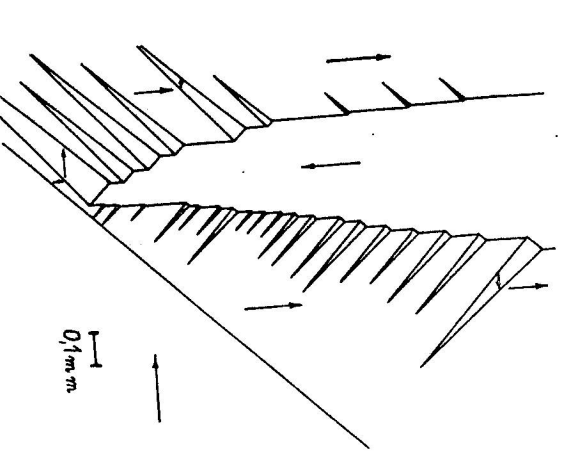
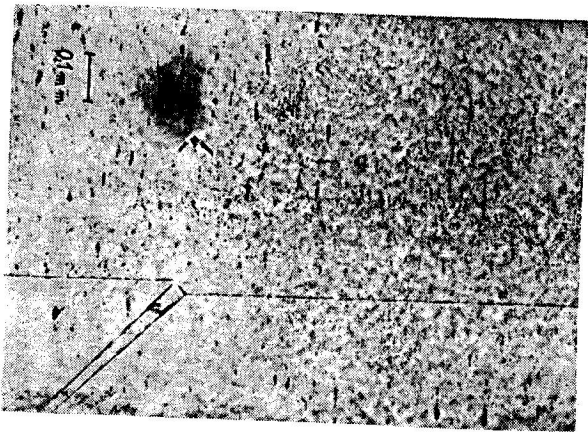


Abb. 13. Schematische Darstellung der Entstehung umgekehrt orientierter Bereiche am Anfang der Keilarme.

erzwingt. Diese irreversiblen Prozesse können den Wert der durchschnittlichen, in der Richtung des einwirkenden magnetischen Feldes wirkenden Oberflächenmagnetisierung in bedeutendem Maße beeinflussen. Auf diese Weise kann erklärt werden, daß es in dem Bereich der kleinen Magnetfelder zu plötzlichen, diskontinuierlichen und markanten Veränderungen des Oberflächenmagnetisierungswertes kommt, wie dies im vorhergehenden Teil bei den magnetooptischen Messungen an der Oberfläche Nr. 2 erwähnt wurde.

Dieser Vorstellung nach gehört die Oberfläche Nr. 1 (nach Abb. 1), an der die Magnetisierungsprozesse mit Hilfe der Methode der Sichtbarmachung der magnetischen Bereichsstruktur eben der Oberfläche dieser Probe an, die an die keilförmigen Arme anschließt (Abb. 11). Die gegenüberliegende Oberfläche (an der die in Abb. 7 wiedergegebenen rechteckigen Hystereseschleifen gemessen wurden) gehört dieser Vorstellung nach zu dem Kern der Probe. Auf dieser Oberfläche wurde keine Aufteilung in Bereiche beobachtet. Am Anfang der keilförmigen Arme besitzt die magnetische Bereichsstruktur eine sehr interessante Form; diese ist aus Abb. 12 ersichtlich. Nach der obengenanführten Vorstellung beginnt hier die Aufteilung der keilförmigen Probe auf die grundlegenden Gebiete. Die Vorstellung der Bildung dieser grundlegenden Struktur ist schematisch aus der Abb. 13 ersichtlich. Die allmählichen Brüche der Blochwände werden durch innere Einschießgebiete so geschlossen, wie dies in Abb. 13 angedeutet wird. Ähnliche Brüche der Blochwände wurden

Abb. 14. Bruch der Blochwand an der genau in die Richtung [100] fallenden Armoberfläche.



an dieser Probe auf der genau in die kristallographische Ebene [100] fallenden Oberfläche beobachtet. Einen solchen Bruch der Blochwand zeigt Abb. 14. Die Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur an der Rahmenoberfläche haben in manchen Fällen einen solchen Verlauf, daß einer Änderung des einwirkenden magnetischen Feldes mit einem bestimmten Vorzeichen eine durchschnittliche Änderung der Magnetisierungsbereiche mit entgegengesetztem Vorzeichen entspricht. Solche Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur werden durch Änderung der Größe S in der Abb. 4 repräsentiert. Auch die magnetooptischen Messungen zeigen, daß der Verlauf der Oberflächenmagnetisierung in Abhängigkeit vom einwirkenden magnetischen Feld auf ähnliche Weise *anomal* ist (Abb. 5 und insbesondere Abb. 8. Solche Veränderungen weisen auf die Existenz sogenannter negativer Barkhausen Sprünge hin, die an dieser Probe auch gemessen wurden [5].

ZUSAMMENFASSUNG

Die Messungen an der Oberfläche eines einfachen magnetischen Kreises, der aus einem Einkristall Fe—Si besteht und der von den Richtungen der leichten Magnetisierung eingeschlossen ist, teils mit der Methode der Sichtbarkeit der Messung der Oberflächenmagnetisierung, teils mit der magnetooptischen Methode

a) Die an der Oberfläche verlaufenden Prozesse und die Oberflächenmagnetisierung im einwirkenden Magnetfeld sind von der kristallographischen Orientierung der untersuchten Oberfläche sehr empfindlich abhängig.

b) Auch in einem so einfachen magnetischen Kreis wie ihn die Form der Probe darstellt, verlaufen die Magnetisierungsprozesse auf komplizierte Weise und bei wiederholten Ummagnetisierungen unter den gleichen äußeren Bedingungen nicht gleich und weisen im Verlauf von Dutzenden von Ummagnetisierungszyklen keine Tendenz zur Stabilisierung auf.

c) In manchen Fällen herrscht eine ganz gute Übereinstimmung zwischen den Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur, die mit Hilfe der ferrromagnetischen Kolloidsuspension beobachtet wurde und den Veränderungen der Oberflächenmagnetisierung, die nach dem Prinzip des transversalen Kerr-Effektes gemessen wurden. Dies kann jedoch nicht in allen Fällen behauptet werden.

d) Manche Veränderungen der magnetischen Bereichsstruktur sowie Veränderungen der Oberflächenmagnetisierung haben den Charakter negativer Barkhausen Sprünge.

Abschließend möchte ich an dieser Stelle den Mitarbeitern des Instituts für magnetische Werkstoffe der DAW in Jena für ihre Hilfe bei der Vorbereitung

der Probe sowie Herrn Prof. Dr. V. Hajko für wertvolle Diskussionen über den Inhalt dieser Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen.

SCHRIFTTUM

- [1] Kavečanský V., Czech. J. Phys. *B 15* (1965), 59.
- [2] Kavečanský V., Hajko V., Czech. J. Phys. *B 16* (1966), 797.
- [3] Gengnagel H., Hajko V., Daniel-Szabó J., Czech. J. Phys. *B 12* (1962), 714.
- [4] Kavečanský V., *Dissertation*. Naturwissenschaftliche Fakultät der Safárk-Universität, Košice 1967.
- [5] Zentko A., Hajko V., Czech. J. Phys. *B 18* (1968), XXX.

Eingegangen am 10. 4. 1968

*Katedra experimentální fyziky
Přirodovědecké fakulty UPJŠ,
Košice*