

Interner Bericht
DESY-H3/2
Januar 1969

DESY-Bibliothek

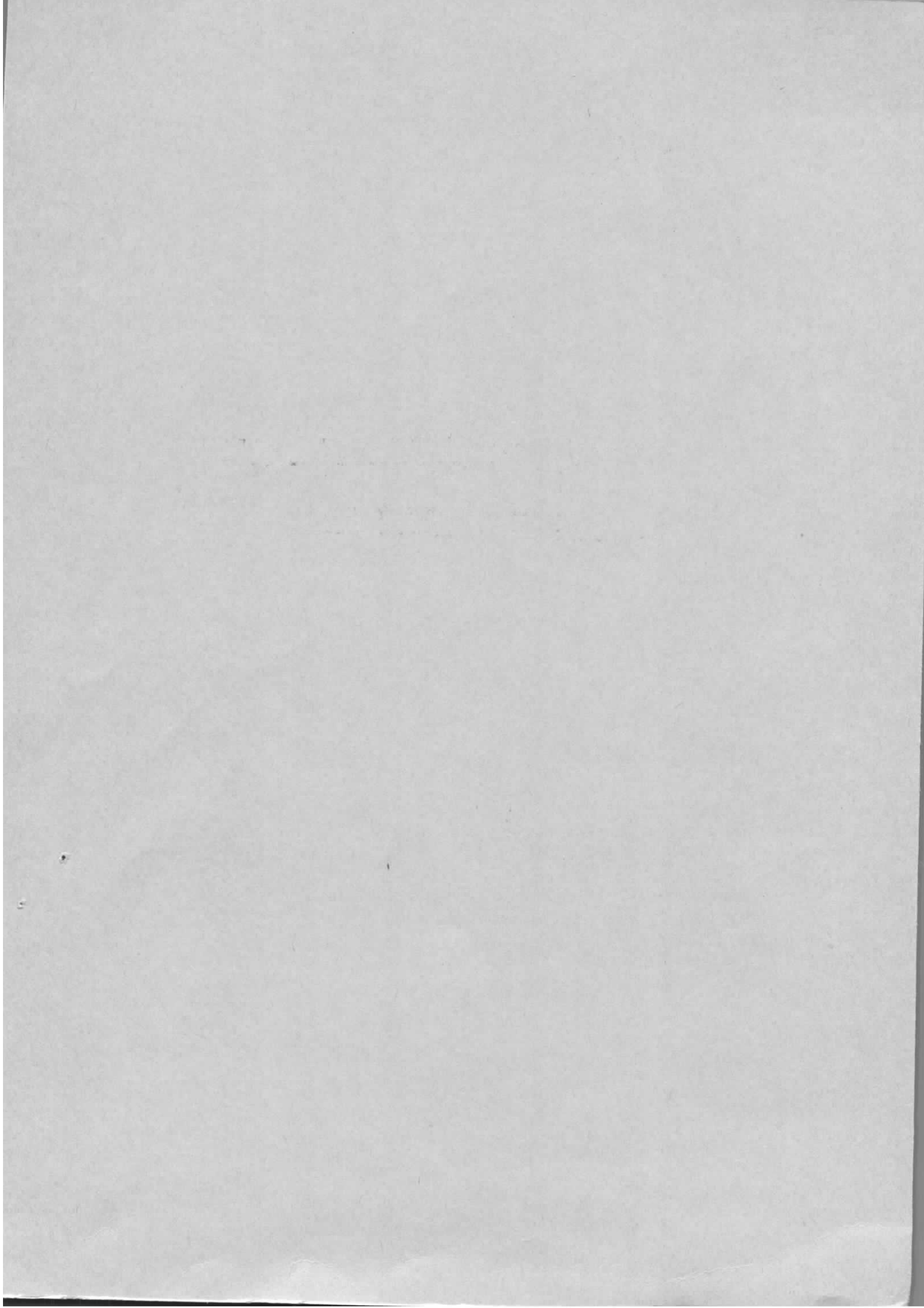
12. FEB. 1969 ✓

HERSTELLUNG DER MAGNETBLÖCKE FÜR DEN

INJEKTIONS-SEPTUM-MAGNETEN

von

H. Sandvoß

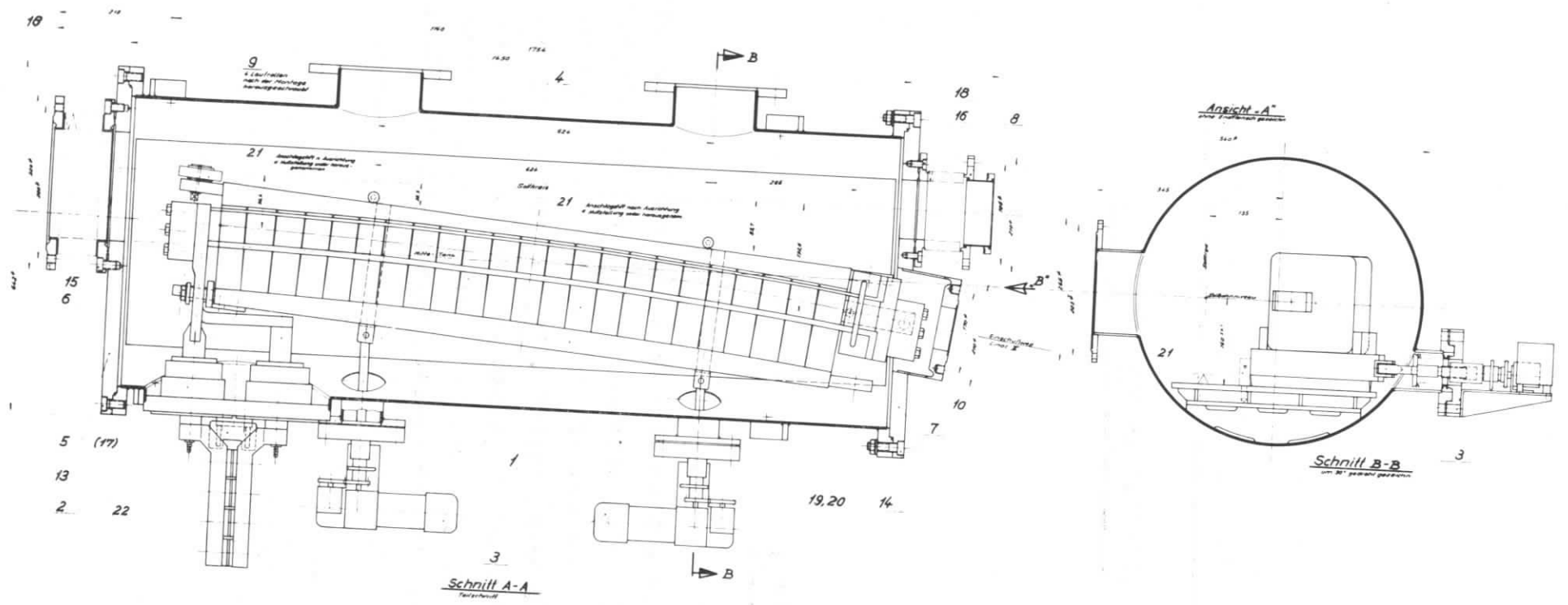


HERSTELLUNG DER MAGNETBLÖCKE FÜR DEN

INJEKTIONS-SEPTUM-MAGNETEN

Zusammenfassung

Zur Injektion von Elektronen und Positronen des Linac II in das Synchrotron werden Septummagnete benötigt, die im Vakuum betrieben werden. Die Magnetblöcke sind in bezug auf mechanische Festigkeit, Vakuumfestigkeit, Strahlungsbeständigkeit und Temperaturbeständigkeit sehr kritischen Bedingungen ausgesetzt. Das Herstellungsverfahren dieser Magnetblöcke wird im vorliegenden Bericht beschrieben.



Septum Magnet 8°

Einleitung:

Der zur Injektion von Teilchen ins Synchrotron benötigte Septummagnet besteht aus 23 Magnetblöcken, die auf einer V2A-Konsole montiert sind. Abb. 1 zeigt eine Gesamtansicht des Magneten mit montiertem Leitersystem (Das Leitersystem wird in einem speziellen Bericht behandelt). Die für diese besonderen Einsatzbedingungen benötigten Magnetblöcke machten eine Reihe von Überlegungen und Versuche erforderlich, die im folgenden beschrieben werden.

Als Magnetwerkstoff wurde von der Vacuumschmelze Hanau 0,5 mm starkes Permenorm 5000 H3 geschliffen und gegläht bezogen. Das Material wurde wegen seiner hohen Permeabilität gewählt. Die Vacuumschmelze hatte auch den Auftrag, die Bleche in Blöcken verklebt zu liefern. Zu diesem Zweck sind von der Vacuumschmelze Hanau 4 Musterpakete für DESY angefertigt worden, die bei uns getestet wurden. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigte, daß die herkömmliche Technik für die geforderten Bedingungen nicht ausreichte. Daraufhin wurden bei uns Verfahren entwickelt für die Oberflächenbehandlung und das Verkleben der Bleche, so wie der zu verwendende Kleber ermittelt. Die Anwendung dieser Technologie hat jetzt mit der erfolgreichen Fertigstellung der Magnetblöcke ihren vorläufigen Abschluß gefunden.

Aufgabenstellung

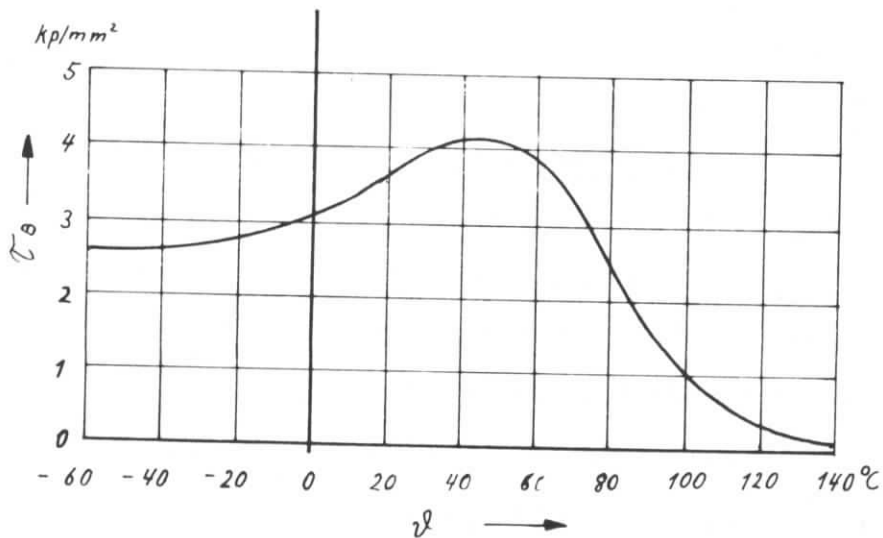
An die Verklebung der Dynamobleche (Permenorm 5000 H3) wurden folgende Forderungen gestellt:

1. Maximale mechanische Festigkeit bei dünnen Klebschichten zwischen den Blechen
2. Hohe Strahlungsbeständigkeit
3. Hochvakuumfestigkeit (geringe Abgas-Rate)
4. Gute Isolation zwischen den einzelnen Blechen
5. Genaue Maßhaltigkeit der Magnetblöcke

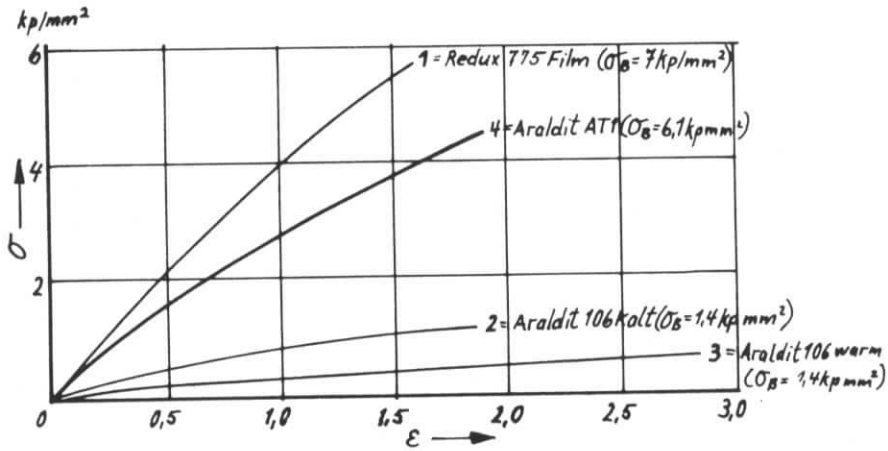
I. Maximale mechanische Festigkeit bei dünnen Klebeschichten zwischen den Blechen - Werkstoff Permenorm 5000 H3

a) Theoretisches über Verklebung

Die Gitterebenen von Metallkristallen sind Flächen geringster Oberflächenenergie. Ecken, Kanten, Risse bilden meist Gitterstörungen, die als Zentren größter physikalischer Reaktionsfähigkeit anzusehen sind. Die Adhäsionsfähigkeit eines Kunstharzklebers hängt deshalb davon ab, wieviele Moleküle seines Verbandes an die Reaktionszonen dieses gestörten Metallgitters angebaut werden können. Jede Behinderung dieses Vorganges durch Oxydbildung, Staub, Fett, Gase, Feuchtigkeit usw. vermindern deshalb die Adhäsion. Bei Kunststoffen und amorphen Stoffen wie z.B. Glas kann für die Bindung auch Chemosorption angesehen werden. Für die Festigkeit von Metallverklebungen unter senkrecht zur Haftfläche wirkender Zugbeanspruchung kann man bei optimalen Bedingungen mit einer Bruchspannung σ_B von ca. 4 - 6 für warmhartendes Araldit rechnen. Höchstwerte für Metallverklebungen sind bei 10 Kp/mm^2 ermittelt worden.

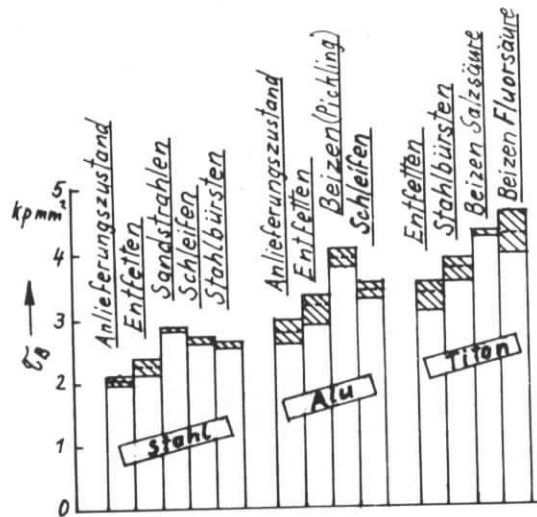


Bindefestigkeit τ_B in Abhängigkeit von der Prüftemperatur ϑ
Klebstoff Araldit AT1



Spannungs-Dehnungs-Diagramm einiger Metall-Klebstoffe. Meßlänge 50mm
Dehngeschwindigkeit 10mm/min.

Abb. 3



Bindefestigkeit von Stahl-Aluminium- und Titan-Kleilverbindungen nach unterschiedlicher Haftgrundvorbehandlung. Klebstoff Araldit AT1

Abb. 4

b) Vorbereitung für die Verklebung

Die gestanzten Formbleche (5000 Stück) wurden mit blanker Oberfläche und gepudert (gegen Ansaugen) in Kästen zu je 500 Stück geliefert. Für die Vorbereitung zur Verklebung waren deshalb viele Überlegungen und Arbeitsgänge nötig.

Reinigung

Die Bleche wurden im Tri-Bad von Fett und anhaftenden Verunreinigungen befreit. Zur Handhabung der Bleche diente ein speziell entwickelter Magnetheber, der auch beim Beizen unentbehrliches Hilfsmittel war.

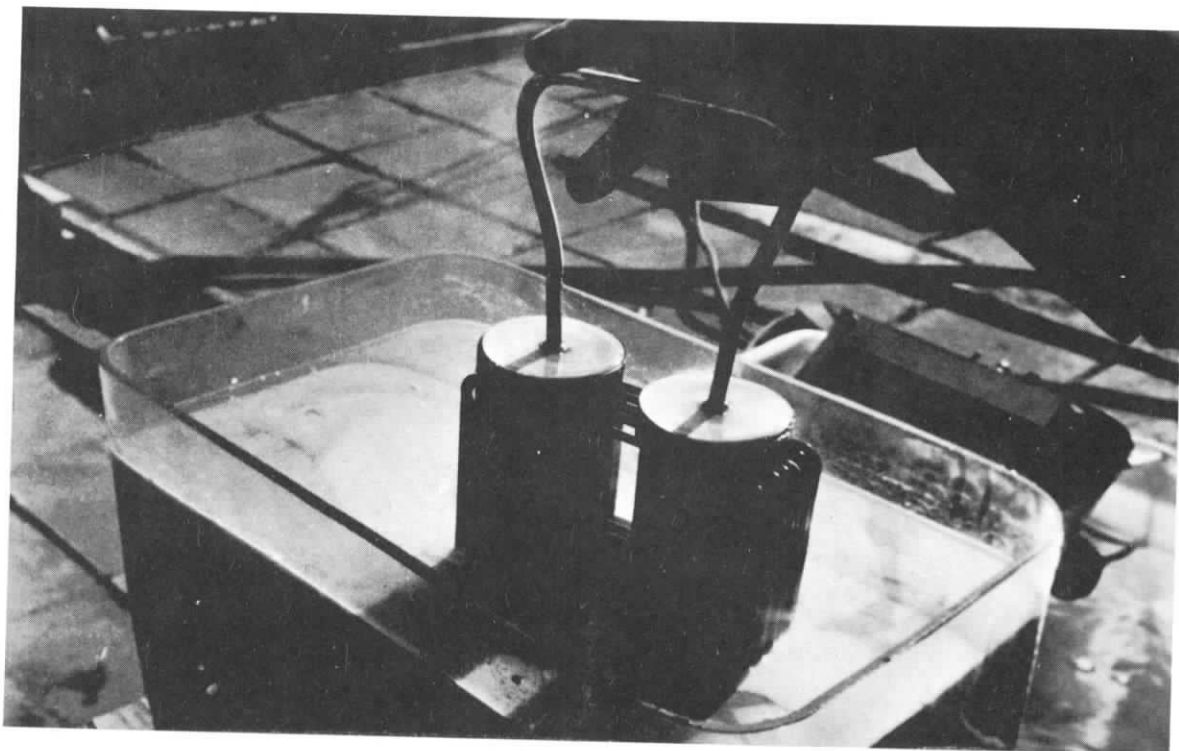


Abb. 5

ARBEITEN BEIM ÄTZEN

c) Beizen

Um den Blechen eine besonders klebaktive Oberfläche zu geben, blieb von allen Möglichkeiten die chemische Behandlung (Sandstrahlen verändert die magnetischen Eigenschaften und führt zum Verzug des Werkstoffes).

Experimentell wurde ein sehr aggressives Säuregemisch für die Beizung entwickelt, das in 10 Sekunden eine Oberfläche erzeugt, die mit der Rauigkeit von Schleifpapier mit der Körnung 600 (ca. 50µ/mm) zu vergleichen ist.

Die Säure-Mischung wurde wie folgt angesetzt:

3	Teile	technische	Salpetersäure
1	Teil	"	Schwefelsäure
2	Teile		Wasser

0.25 Teile technische Essigsäure konzentriert

Als Gefäße wurden zunächst temperaturempfindliche Glashäfen benutzt, die später durch Polyäthylen-Gefäße ersetzt wurden.

d) Arbeitsgänge beim Beizen

Aus den Transportkisten wurden mit dem Magnetheber 6 - 8 Bleche gegriffen und ca. 10 - 15 Sekunden lang in die Beize gehalten. Es entsteht die gewünschte rauhe Oberfläche. Gleichzeitig tritt die Kristallstruktur des Materials deutlich hervor. Sehr wichtig ist die Beachtung der allgemeinen Säure- und Lösungsmittelbestimmungen nach den Richtlinien des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften! Nach dem Beizen werden die Bleche kurz unter fließendes klares Wasser gehalten, dann in 50°C warmes schwach seifiges Wasser getaucht und anschließend wieder in fließendem kalten Wasser gespült. Die Bleche werden in einem gro-

Ben Lagerbottich aus Polyäthylen abgelegt, wo sie längere Zeit (ca. 6 Wochen) lagern können. Der jeweilige Bedarf für eine Block-Verklebung wird möglichst kurz vor der Weiterverarbeitung in fließendem klaren Wasser gespült und in einem Warmluft-Trockner getrocknet.

e) Verklebung

Zunächst werden die Bleche abgezählt (95 Stück je Block) und sortiert, dann wird unter einem Pudersieb eine gleichmäßige Harzschicht aufgetragen, bis das metallische Blech nicht mehr zu sehen ist (ca. 10 gr. je Blech).

Zur Verklebung wurde das pulverförmige lösungsmittelfreie CIBA-Harz-AT1 verwendet, welches sich durch hohe mechanische Festigkeit, geringe Abgasrate, hohe Strahlungsbeständigkeit und hohe Temperatur- und Alterungsbeständigkeit auszeichnet. In einer Klebevorrichtung (Abb. 8), in der das Blechpaket unter Federdruck ca.

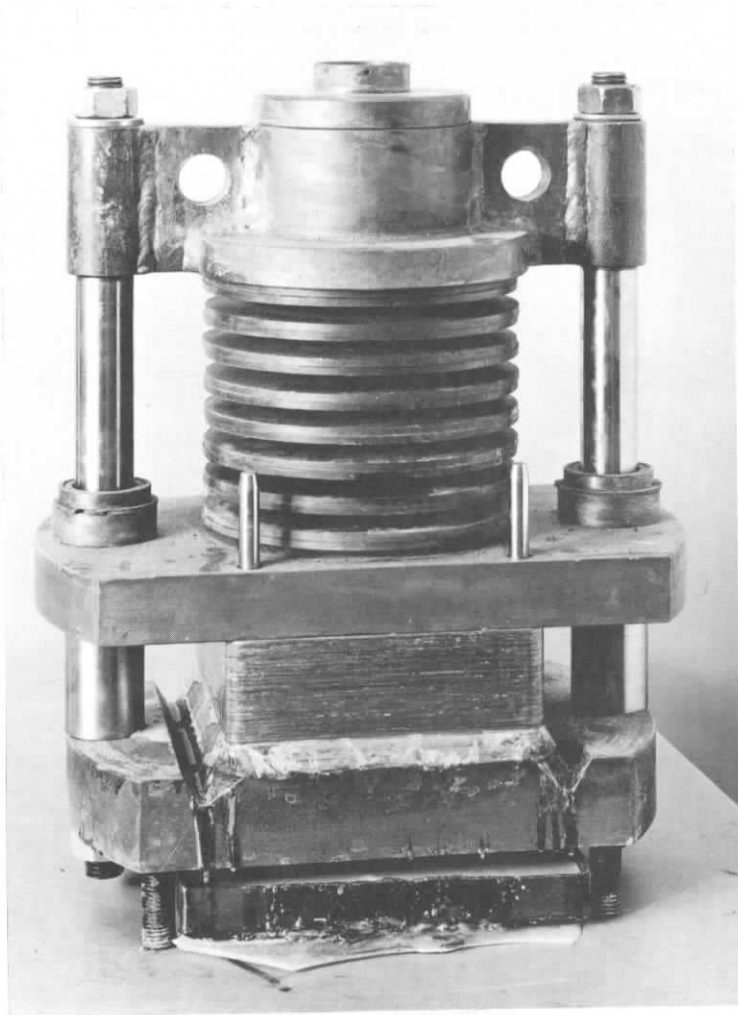


Abb. 6

KLEBEVORRICHTUNG

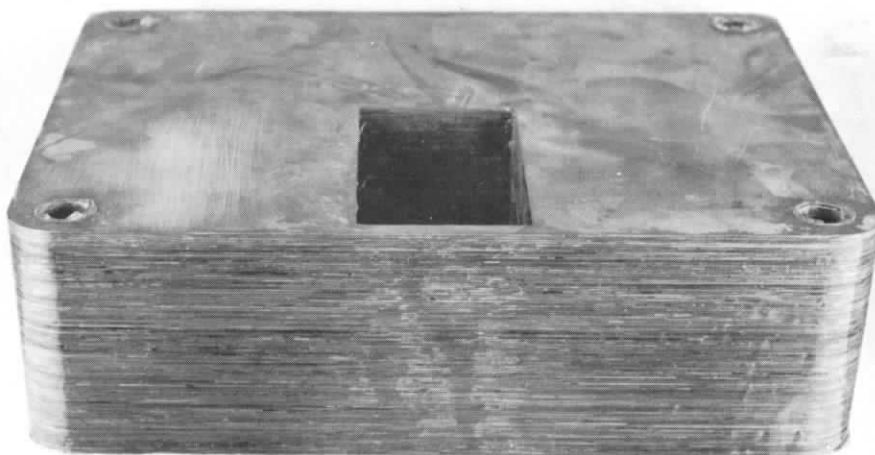


Abb. 7 GEKLEBTER UNBEARBEITETER BLOCK

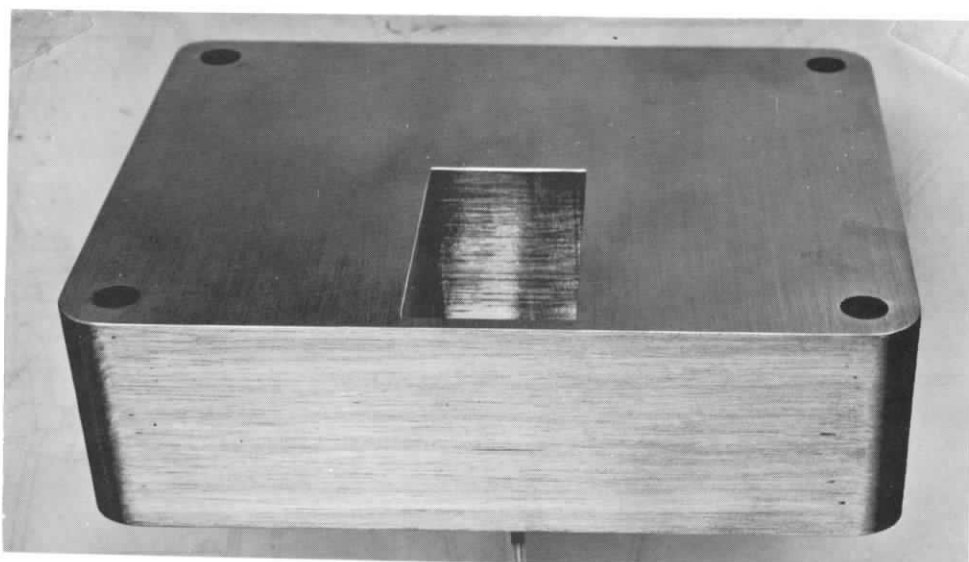


Abb. 8 GESCHLIFFENER BLOCK



Abb. 9 GEÄTZTER FERTIGER MAGNETBLOCK
(deutlich sind Grenzen der Kristallisationszonen
zu erkennen)

5 Kp/cm² steht, wird die Anordnung in den Aushärtöfen mittels eines Hebetransportwagens eingebracht.

Der Block wird nun 3 Stunden bei 130°C vorgehärtet und 3 Stunden bei 180°C nachgehärtet. Die Abkühlzeit ist mindestens 8 Stunden im ausgeschalteten Ofen; die Endformung erfolgt bei ca. 60°C. Während des Erwärmens wird bei ca. 100°C das pulverförmige Harz flüssig. Die überschüssige Harzmasse drückt sich unter dem Federdruck der Vorrichtung zwischen den Blechen hervor. Nach Aushärtung und Abkühlung des Blocks muß diese an der Oberfläche des Blocks zurückbleibende Schicht durch Schleifen und Schaben entfernt werden. Der Block wird später mit Keramik-Rundstäben isoliert auf die Konsole gespannt. Zu diesem Zweck werden nach der Verklebung zwei Radiusnuten in den Block eingefräst. Anschließend wird der Block nach dem unter Abschnitt c) und d) beschriebenen Verfahren gebeizt.

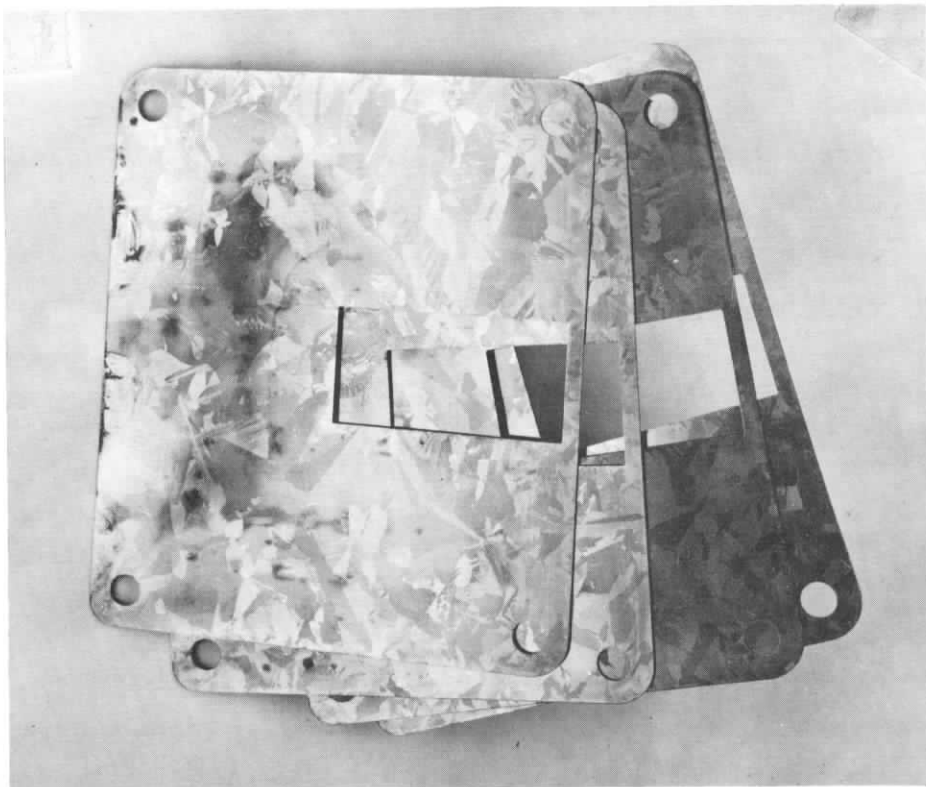


Abb. 10

GEBEIZTE BLECHE

II. Hohe Strahlungsbeständigkeit

Aus dem reichhaltigen Angebot von Klebharzen blieb nach eingehendem Studium der Fachliteratur (CERN-Veröffentlichung von M.H. Van de Voorde, Kunststoff-Tabellen, Fachveröffentlichungen der CIBA) nur das Araldit AT1 als Kompromißlösung übrig, indem wir die relativ guten Erfahrungen über die bessere Beständigkeit von Epoxydharzen der aromatischen Gruppen bei harter Strahlung als Erfahrungswert voraussetzten. Eine echte Aussage wird der Langzeiteinsatz am Strahl ergeben. Der Einsatz von Polyimid-Kleber (z.B. Kapton^R) wurde untersucht, scheiterte aber an technologischen Schwierigkeiten (hohe Aushärttemperatur, geringe Haftung, Schwierigkeiten bei der Verarbeitung).

III. Hochvakuumfestigkeit

Aussagen über Epoxydharze im Vakuum gibt es viele, z.B. 10^{-8} Torr \cdot sec $^{-1}$ ·cm $^{-2}$ bei Raumtemperatur. Die Magnetblöcke bringen durch die dünnen Klebeschichten, ca. 0.03 mm dick, eine verhältnismäßig geringe Oberfläche ins Vakuum, so daß in einem Meßrezipienten, belastet mit 2 Versuchsblöcken bei 70°C ein Druck von besser als $2 \cdot 10^{-7}$ Torr mit einer Pumpleistung von 1401·sec $^{-1}$ erreicht wurde.

IV. Gute Isolation zwischen den Blechen

Die Industrie arbeitet im allgemeinen mit oxydierten Blechen oder mit Zwischenlagen. Der mechanischen Festigkeit und den Vakuumbedingungen ist dieses abträglich. In dem beschriebenen Verfahren ist davon ausgegangen worden, daß die

Klebeschicht als solche die Isolation darstellen kann. Tatsächlich ist der ohmsche Widerstand zwischen den beiden äußeren Blechen eines Blockes meistens höher als 5Ω , was den geforderten Bedingungen entspricht.

VI. Genaue Maßhaltigkeit der Blöcke

Die Maßhaltigkeit der Blöcke wird ausschlaggebend durch die Genauigkeit der Klebevorrichtung bestimmt. Führungen und Aufnahmeplatten für die Bleche müssen besonders genau gearbeitet sein, damit rhomboedrische Verschiebungen vermieden werden. Die saubere Entfernung der Harzreste, besonders im Gap, erfordert qualifizierte Handarbeit. Geringe Abweichungen der Blockkontur werden durch den Schliff korrigiert. Bei optimalen Werkzeugbedingungen ist eine Magnetblockherstellung mit Toleranzen von $\pm 0,05$ mm nach dem beschriebenen Verfahren möglich.

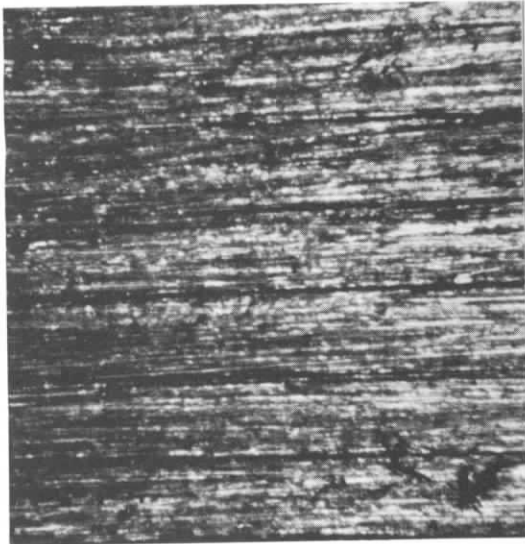


Abb. 11

GESCHLIFFENE OBERFLÄCHE
MIT GRATBILDUNG

20x vergr.

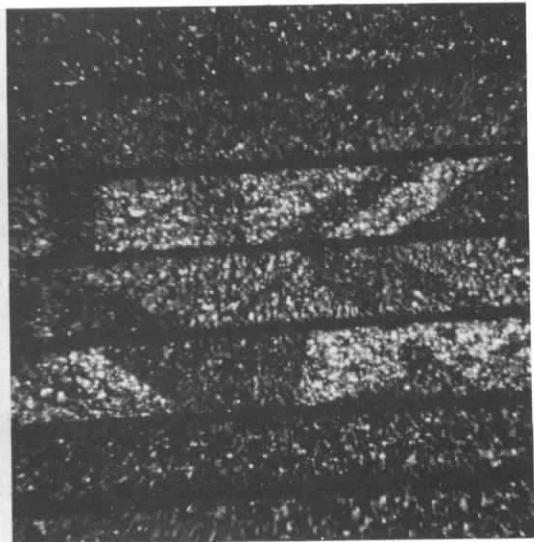


Abb. 12

DURCH ÄTZEN NACHBEHANDELT
FERTIGER BLOCK.

20x vergr.

Schlußwort

Der Aufwand, der für die Herstellung dieser Magnetblöcke erforderlich war, zeigt, daß eine relativ eindeutige technische Aufgabe die Lösung einer Vielzahl von technologischen Problemen erforderte. Leider fanden wir in der Industrie weder bei der Verfahrensermittlung noch bei der Fertigung nach dem beschriebenen Verfahren ausreichende Unterstützung. Die Fertigung ist deshalb bei DESY durchgeführt worden.

Literatur-Verzeichnis

1. Schriften der CIBA AG
2. Gebrauchsanweisung für ARALDIT AT1
3. Carlowitz-Kunststofftabellen
4. Landolt-Börnstein
5. CERN-Veröffentlichung von M.H. Van de Voorde