

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра иностранных языков

**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК
МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

DEUTSCH. NICHTEISENMETALLURGIE

*Методические указания к самостоятельным работам
для студентов бакалавриата направления подготовки 22.03.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2023**

УДК 803.0 (073)

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК. Metallургия цветных металлов:

Методические указания к самостоятельным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *М.В. Гончарова*. СПб, 2023. 37 с.

Данные методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов направления подготовки 22.03.02 Metallургия (Metallургия цветных металлов).

Методические указания ставят своей целью ознакомление со структурой курса профессионально-ориентированного иностранного языка и формирование навыков, позволяющих успешно его освоить. В методические указания включены упражнения на развитие навыков чтения и перевода научных текстов и их реферирования. Тематика текстов и система упражнений позволяет научить студентов читать, переводить и анализировать прочитанное на иностранном (немецком) языке, а также делать устные сообщения и принимать участие в беседе о своей будущей профессии.

Научный редактор доц. *Ю.М. Сущук*

Рецензент доц. *О.А. Хуторецкая* (Санкт-Петербургский государственный университет)

Оглавление

Предисловие	4
Lektion I. Die Geschichte der Metallurgie	5
Lektion II. Metallische Werkstoffe.....	9
Lektion III. Charakteristische Eigenschaften von Metallen	11
Lektion IV. Die Wiederkehr des Kupfers	14
Lektion V. Aluminium.....	17
Lektion VI. Legierungen.....	20
Lektion VII. Metallurgische Grundprozesse	23
Lektion VIII. Verarbeitung metallischer Werkstoffe.....	27
Texte für selbstständige Arbeit:.....	30
Text 9. Eisenerzgewinnung und -verarbeitung.....	30
Text 10. Zink	31
Text 11. Blei.....	32
Text 12. Kupfer	33
Text 14. Zinn	34
Text 15. Nickel	35
Text 16. Silber und Gold.....	35
Библиографический список.....	37

Предисловие

Данные методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов направления подготовки 22.03.02 Metallurgy (Metallurgy of colored metals).

Методические указания ставят своей целью ознакомление со структурой курса профессионально-ориентированного иностранного языка. В методические указания включены упражнения на развитие навыков чтения и перевода текстов по специальности. Тематика текстов и система упражнений позволяет научить студентов читать, переводить и анализировать прочитанное на иностранном (немецком) языке, а также делать устные сообщения и принимать участие в беседе о своей будущей специальности.

В результате работы с представленным материалом у обучающихся формируется способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и немецком языках для решения задач профессиональной коммуникации.

Данные методические указания состоят из 16 уроков. Уроки содержат тексты для перевода со словарем. Тексты предназначены как для аудиторного, так и для внеаудиторного чтения. Первые 8 уроков снабжены послетекстовыми упражнениями и тестовыми заданиями для контроля и самоконтроля, которые способствуют лучшему пониманию и анализу прочитанного текста. Оставшиеся 8 текстов предназначены для самостоятельного перевода и закрепления лексики по специальности.

Lektion I. Die Geschichte der Metallurgie

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden!

das Kupfer – медь
das Eisen – железо, кирка
gewinnen (a, o), die Gewinnung – добывать; добыча
der Ausbiss – выход на поверхность
die Erzader – рудная жила
die Kupferzeit – медный век
die Bronzezeit – бронзовый век
die Eisenzeit – железный век
das Roheisen – чугуn
der Eisenguss – чугунное литье
abbauwürdig – имеющий промышленное значение,
пригодный для разработки
die Abbautechnik – технология добычи
erschöpft – истощенный, исчерпанный
der Bedarf an Rohstoffen – потребность в сырье
die Lagerstätte – месторождение
erkunden (te,t) – исследовать
die Eisenmetallurgie – черная металлургия
die Nichteisenmetallurgie – металлургия цветных металлов

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 1. Die Geschichte der Metallurgie

Kupfer-, Bronze- und Eisenwerkzeuge, nach denen
Geschichtsepochen benannt wurden, verdanken ihren Ursprung
Erkenntnissen, die man zufällig oder beabsichtigt, anfänglich sogar nur
durch Ausbisse (frei zutage liegende Erzadern), gewann. Beispielgebend
ist die Kupferzeit mit dem auffälligen Cuprit. Aus der Kupferzeit
entwickelte sich nach Entdeckung zinnhaltiger Erze (Cassiterit) die
Bronzezeit, gefolgt von der Eisenzeit. Alle Epochen sind Zeugnisse
zielgerichteten metallurgischen Werkens. Hiervon ausgehend ist es

dennoch ein langer Weg, bis mit dem Betrieb des ersten Hochofens das „abgestochene“ Roheisen in Mengen für Eisenguss und ab dem 18. Jahrhundert für die Stahlerzeugung verfügbar wurde. Die Stahlzeit und die im 20. Jahrhundert neben sie getretene Erdmetallzeit bestimmen heute viele Lebensumstände der Menschen.

Aus alten Erfahrungen und sich stetig erneuernden Erkenntnissen ist die Metallurgie zu einer Technologie gewachsen. Schon im 19. Jahrhundert wurde zwischen Eisenmetallurgie und Nichteisenmetallurgie unterschieden, die heute noch als Hauptdisziplinen der Metallurgie gelten. Unterstützt wird die Metallurgie von anderen Disziplinen, die den Gesamtprozess vom Ausgangsstoff bis zu gebrauchsfertigen Gütern begleiten, darunter die Metallkunde, eng verbunden mit der Materialkunde, die Chemie sowie der Ofen-, Maschinen- und Anlagenbau.

Die traditionsreichen deutschen Vorkommen galten seit dem zu Ende gehenden 20. Jahrhundert als ausgebeutet. Dies betrifft den an Zinkerz reichen Goslarer Rammelsberg, das hessisch-siegerländische Eisenerz und den Uranabbau im sächsischen Erzgebirge, in dem bis 1990 Uranerz in wenig umweltverträglichem Umfang gefördert wurde. Als nicht mehr abbauwürdig galt bislang noch der jahrhundertlang betriebene Bergbau auf Silber im deutschen wie im slowakischen Erzgebirge.

Ab 2010 führte nicht nur der stark angestiegene, börsennotierte Silberpreis zu Überlegungen, im Erzgebirge auf der Grundlage neuer Erkenntnisse zu Abbauwürdigkeit und Abbautechnik von Silbererzen und anderen wertvollen Bodenschätzen zu prospektieren. Bergbauberechtigungen wurden nachgesucht, deren Erteilung 2011 bekannt wurde. Die stetig wachsende Erdbevölkerung und Industrialisierung, besonders des asiatischen Raums, bedingt seit Beginn des 21. Jahrhunderts einen stark wachsenden Bedarf an Rohstoffen für metallurgische Produkte, nicht zuletzt aufgrund neuer technischer Entwicklungen (Verkehrswesen, Kommunikationselektronik). Weltweit werden daher unter zunehmender chinesischer Beteiligung neue Lagerstätten erkundet. Hilfswissenschaft dieser auch als Exploration bezeichneten Tätigkeit ist die Geologie, präzisierend auch als Geometallurgie bezeichnet. Heutzutage wird die Suche nach Vorkommen von seltenen Erdmetallen, die für künftige technische Entwicklungen

überaus wichtig sind, lebhaft betrieben. Im Erzgebirge werden nicht nur neue Bergwerke für Flussspat und Schwerspat geöffnet, es wird auch auf das Vorhandensein bisher noch nicht erschlossener polymetallischer Lagerstätten für Lithium, Germanium, Indium sowie Wolfram, Molybdän und Tantal verwiesen.

[<https://de.wikipedia.org/wiki/Metallurgie#Pyrometallurgie>]

Übung 3. Richtig oder falsch?

1. Der Hauptrohstoff der Kupferzeit war Cassiterit.
2. Die Erzadern, die frei zutage liegen, werden Ausbisse genannt.
3. Die Eisenzeit war früher, als die Bronzezeit.
4. Die Stahlproduktion entwickelte sich erst im 20. Jahrhundert.
5. Seit dem 20. Jahrhundert spielen die Seltenerdmetalle eine große Rolle.
6. Die Hauptbereiche der Metallurgie sind Eisenmetallurgie und Nichteisenmetallurgie.
7. Die traditionsreichen deutschen Vorkommen waren seit dem zu Ende gehenden 20. Jahrhundert völlig ausgebeutet.
8. Der wachsende Bedarf an Rohstoffen für metallurgische Produkte führte zur intensivierten Erkundung neuer Lagerstätten und zu Überlegungen, im Erzgebirge auf der Grundlage neuer Erkenntnisse zu Abbauwürdigkeit und Abbautechnik von Silbererzen und anderen wertvollen Bodenschätzen erneut zu prospektieren.
9. Die seltenen Erdmetalle haben eine sehr große Bedeutung für künftige technische Entwicklungen.

Übung 4. Beantworten Sie schriftlich folgende Fragen.

1. Welche Metalle gaben den Namen den wichtigsten Epochen der Entwicklung der Menschheit?
2. Welche Metalle bestimmen heute viele Lebensumstände der Menschen?

3. Welche zwei Hauptdisziplinen der Metallurgie werden seit dem 19. Jahrhundert unterschieden ?
4. Von welchen anderen Wissenschaften wird Metallurgie unterstützt?
5. Welche metallische Rohstoffe wurden in traditionsreichen deutschen Vorkommen gewonnen?
6. Was verursachte das erneute Interesse für die alten Vorkommen?
7. Wodurch wird der wachsende Bedarf an Rohstoffe für metallurgische Produkte bedingt?
8. Welches Land ist an der Erkundung neuer Lagerstätten besonders aktiv beteiligt?
9. Welche Rohstoffe werden heute im Erzgebirge abgebaut?

Übung 5. Was passt zusammen? Bilden Sie Relativsätze!

1. Kupfer-, Bronze- und Eisen,	a. die heute noch als Hauptdisziplinen der Metallurgie gelten.
2. Diese Werkzeuge verdanken ihren Ursprung den Erkenntnissen,	b. nach denen Geschichtsepochen benannt wurden, waren Ausgangsstoffe zur Erzeugung der ersten Werkzeuge.
3. Aus der Kupferzeit entwickelte sich nach Entdeckung zinnhaltiger Erze (Cassiterit) die Bronzezeit,	c. die den Gesamtprozess vom Ausgangsstoff bis zu gebrauchsfertigen Gütern begleiten.
4. Schon im 19. Jahrhundert wurde zwischen Eisenmetallurgie und Nichteisenmetallurgie unterschieden,	d. in dem bis 1990 Uranerz in wenig umweltverträglichem Umfang gefördert wurde.
5. Die Metallurgie wird von anderen Disziplinen unterstützt,	e. nach der die Eisenzeit folgte.
6. Dies betrifft den an Zinkerz reichen Goslarer Rammelsberg, das hessisch-siegerländische Eisenerz und den Uranabbau im sächsischen Erzgebirge,	f. die man zufällig oder beabsichtigt, anfänglich sogar nur durch Ausbisse (frei zutage liegende Erzadern), gewann.

Übung 6. Erzählen Sie über die Entwicklung der Metallurgie!

Lektion II. Metallische Werkstoffe

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden!

aufweisen (ie,ie) – демонстрировать, проявлять
elektrische Leitfähigkeit – электропроводимость
die Wärmeleitfähigkeit – теплопроводность
verwendbar – применимый
die Mischkristallhärtung – упрочнение твердым раствором
die Ausscheidungshärtung – термическое упрочнение
die Kaltverfestigung – холодное упрочнение
die Umwandlungshärtung – упрочнение при закалке
die Wärmebehandlung – термическое воздействие
das Erstarren – застывание
die Schmelze – расплав
die Oberfläche – поверхность
metallisches Glas – металлическое стекло

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 2. Metallische Werkstoffe

Ein großer Teil der chemischen Elemente sind Metalle. Diese weisen wegen der Natur der metallischen Bindung eine gute elektrische Leitfähigkeit und eine gute Wärmeleitfähigkeit auf und lassen sich meist einfach plastisch verformen. Reine Metalle sind in der Regel nicht direkt als Werkstoffe verwendbar, sie sind zu weich. Durch Legieren und geeignete mechanische und thermische Behandlungen kann man die Festigkeit metallischer Werkstoffe steigern. Dies gelingt über Mischkristallhärtung, Ausscheidungshärtung, Härtung durch Kaltverfestigung und Umwandlungshärtung. Festigkeitssteigerung in metallischen Werkstoffen erreicht man, wenn man die Bildung von Versetzungen erschwert bzw. deren Beweglichkeit behindert. Die Ausscheidungshärtung spielt zum Beispiel in Aluminiumlegierungen und Nickellegierungen eine Rolle. Umwandlungshärtung kennen wir vom

Stahl (martensitische und bainitische Härtung), dem heute immer noch wichtigsten metallischen Werkstoff. Am Beispiel von Stahl lernen wir kennen, dass verschiedene Wärmebehandlungen zu verschiedenen Mikrostrukturen und damit bei gleicher chemischer Zusammensetzung zu unterschiedlichen Eigenschaften führen. Beim Erstarren metallischer Schmelzen entstehen meist kristalline Festkörper. Schmelzmetallurgisch lassen sich Ein- und Vielkristalle herstellen. Unter bestimmten Bedingungen kann es aber auch zur Bildung metallischer Gläser kommen, deren Atome keine regelmäßige Anordnung aufweisen. Metallische Bauteile können schmelz- und pulvermetallurgisch, in großen (Turbinenrotoren) und kleinen Abmessungen (medizinische Stents) hergestellt werden. Man kann ihre Oberfläche zum Beispiel durch Behandlung mit einem Laserstrahl härten oder verglasen.

[E. Hornbogen, G. Eggeler, E. Werner. Werkstoffe. Aufbau und Eigenschaften von Keramik-, Metall-, Polymer- und Verbundwerkstoffen. 12. Auflage. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg 547 S.]

Übung 3. Richtig oder falsch?

1. Metalle bilden den größten Teil der chemischen Elemente.
2. Metalle besitzen eine gute elektrische Leitfähigkeit und eine gute Wärmeleitfähigkeit und sind einfach plastisch verformbar.
3. Durch Legieren kann man die Eigenschaften der Reinmetalle nicht verbessern.
4. Mechanische und thermische Behandlungen erhöhen die Festigkeit metallischer Werkstoffe.
5. Die Atome metallischer Gläser weisen eine regelmäßige Anordnung auf.
6. Metallische Bauteile lassen sich pulvermetallurgisch nur in großen Abmessungen herstellen.

Übung 4. Verbinden Sie die Informationen miteinander! Bilden Sie Kausalsätze!

1. Metalle sind sehr wichtige Werkstoffe. Metalle besitzen eine gute elektrische Leitfähigkeit und eine gute Wärmeleitfähigkeit.
2. Reine Metalle sind in der Regel nicht direkt als Werkstoffe verwendbar. Sie sind zu weich.
4. Man verwendet das Legieren. Durch Legieren kann man die Eigenschaften der Reinelemente verbessern.

Übung 5. Stellen Sie 6 Fragen zum Inhalt des Textes!

Übung 7. Übersetzen Sie ins Russische!

Metallische Werkstoffe haben meist gute Festigkeitseigenschaften, gute Leitfähigkeiten für Wärme und Elektrizität, eine hohe Verträglichkeit gegen Temperaturschwankungen, und sie lassen sich relativ leicht verarbeiten. Gegen Chemikalien verhalten sie sich sehr unterschiedlich. Mit Sauerstoff stehen sie im labilen Gleichgewicht. Die Geschwindigkeit der Metalloxidbildung ist unter normalen Bedingungen recht klein; sie kann aber in Gegenwart von Salzen, Säuren und Basen oder durch Temperaturerhöhung erheblich gesteigert werden. Deshalb ist man in der Praxis gezwungen, Metalle gegen Korrosion zu schützen. Das kann man sowohl durch Aufbringung metallischer und organischer Schutzschichten als auch durch Oberflächenreaktionen (Bildung von Schutzschichten aus Oxiden, Sulfaten oder Fluoriden) erreichen. (806) [Lehrbuch der technischen Chemie, 1. Auflage. Leipzig, 1974. 428 S.]

Übung 7. Erstellen Sie eine Gedankenkarte zum Thema „Metallische Werkstoffe“. Erzählen Sie anhand der Karte darüber!

Lektion III. Charakteristische Eigenschaften von Metallen

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden!

homogen – гомогенный
kristalline Struktur – кристаллическая структура
das Gefüge – строение
das Eigenschaftsprofil – профиль свойств
das Kristallgitter – кристаллическая решетка
der Atomrumpf – ядро атома
das Vorhandensein – наличие
die Oxidschicht – оксидная пленка
atmosphärische Einflüsse – воздействие атмосферных явлений

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 3. Charakteristische Eigenschaften von Metallen

Ein massives Stück Metall erscheint auf den ersten Blick als homogener Stoff. Betrachtet man seine Oberfläche unter dem Mikroskop, zeigt sich eine kristalline Struktur. Dieses Gefüge besteht aus Kristalliten, winzigen Körpern aus regelmäßig angeordneten Atomen. Dem kristallinen Aufbau haben Metalle ihr besonderes Eigenschaftsprofil zu verdanken, die sie zu nahezu universell einsetzbaren Werkstoffen gemacht hat. Kristallgitter bestehen aus positiv geladenen Atomrümpfen und freien, negativ geladenen Teilchen, den Elektronen. Diese sind keinem bestimmten Atom zugeordnet, sondern bewegen sich frei in einer Wolke im Kristallgitter umher und halten die Atomrümpfe fest zusammen. Metalle weisen daher eine hohe Festigkeit auf. Charakteristisch ist die gute Leitfähigkeit für elektrische Ströme, die auf die delokalisierten, frei beweglichen Elektronen im Metallgitter zurückzuführen ist. Auch die gute thermische Leitfähigkeit geht auf das Vorhandensein des Elektronengases zurück. Wärme entsteht und breitet sich aus, wenn sich Elektronen frei bewegen können. Lichtstrahlen hingegen werden durch die Elektronen nahezu vollständig reflektiert, so dass Metalle einen starken Glanz aufweisen, undurchsichtig sind und für die Fertigung von Spiegelflächen genutzt werden können. Die gute Verformbarkeit metallischer Werkstoffe kann mit dem leichten Versetzen ganzer Atomreihen im Kristallgitter erklärt werden. Verharren die Atome in ihrer neuen Position, spricht man von einer plastischen Verformung. Bei elastischer Verformung springen die Atome nach Rücknahme der

Belastung jedoch in ihre Ausgangssituation zurück. Auch die hohen Schmelztemperaturen von Metallen kann man mit dem besonderen Bindungscharakter erklären. Durch die frei beweglichen Elektronen lassen sich allseitig ausgerichtete Bindungskräfte ausmachen, was den Zusammenhalt auch bei hohen Temperaturen gewährleistet.

Neben den außerordentlichen physikalischen weisen Metalle in aller Regel auch gute chemische Eigenschaften auf. Besonders Edelmetalle reagieren wenig bis gar nicht auf atmosphärische Einflüsse, Feuchtigkeit oder chemische Substanzen. Gold und Silber oxidiert nicht und erhält den charakteristischen metallischen Glanz, was sie für Schmuckstücke seit jeher besonders beliebt macht. Es existieren aber auch unedle Metalle wie Eisen, die mit der in der Umgebungsluft enthaltenen Feuchtigkeit reagieren, Oxidschichten ausbilden und anlaufen. Bei Eisenwerkstoffen wird die Oxidschicht Rost genannt. Um unedle Metallwerkstoffe vor Korrosion zu schützen, werden sie mit Beschichtungen versehen (z. B. Chrom) oder mit anderen Elementen legiert. Edelstahl enthält in vielen Fällen Legierungselemente wie Chrom oder Nickel, die dem Werkstoff eine nicht rostende Oberfläche verleihen. [<https://www.modulor.de/werkstoffbibliothek/metall/>]

Übung 3. Richtig oder falsch?

1. Metalle sind homogene Stoffe.
2. Metalle haben eine kristalline Struktur.
3. Man kann Metalle sehr vielseitig einsetzen.
4. Die Elektronen sind positiv geladene Teilchen.
5. Die Elektronen bewegen sich frei in einer Wolke im Kristallgitter umher und halten die Atomrümpfe fest zusammen.
6. Die gute Verformbarkeit metallischer Werkstoffe erklärt sich durch das leichte Versetzen ganzer Atomreihen im Kristallgitter.
7. Edelmetalle reagieren auf atmosphärische Einflüsse, Feuchtigkeit oder chemische Substanzen.
8. Rost ist die Oxidschicht der Eisenwerkstoffe.

Übung 4. Beantworten Sie die Fragen zum Inhalt des Textes!

1. Welche Struktur haben die Metalle?
2. Welche Eigenschaften machen Metalle zu nahezu universell einsetzbaren Werkstoffen?
3. Wodurch wird hohe Festigkeit der Metalle erklärt?
4. Wie kann man die gute thermische Leitfähigkeit erklären?
5. Welche chemischen Eigenschaften besitzen die Metalle?
6. Was ist ein Edelmetall?
7. Welche Eigenschaften hat das Eisen?

Übung 6. Machen Sie schriftlich eine kurze Zusammenfassung des Textes!

Lektion IV. Die Wiederkehr des Kupfers

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden!

die Wiederkehr – возвращение
im Vordergrund stehen – иметь первостепенное значение
die Legierung – сплав
der Rotguss – оловянноцинковая бронза
leitfähig – электропроводящий
die Dampfmaschine – паровой двигатель
der Treibriemen – приводной ремень
das Kupferrohr – медная труба
die Heizungsanlage – система отопления, отопительная установка
der Röhrenkühler – трубчатый радиатор
korrosionsfest – антикоррозионный

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 4. Die Wiederkehr des Kupfers

In der Mitte des 19. Jahrhunderts und mit der einsetzenden Industrialisierung begann in Europa eine Art neuer Zeit für Kupfer und Kupferlegierungen: Nicht mehr die Bronzen standen im Vordergrund.

Die Wiederkehr des Kupfers wurde nachdrücklich von einer neuen Legierung auf Kupferbasis bestimmt, sie heißt „Gun Metal“ oder „Kanonenbronze“ und ist eine den damaligen militärischen Anforderungen gerecht werdende Kupfer-Zinn-Zink-Blei-Legierung, hauptsächlich für Geschütze. Später und bis heute wird sie als Maschinenbronze oder Rotguss bezeichnet und besonders für Armaturen eingesetzt.

Der zivile Bereich benötigte mit der Einführung der Telegrafie, später des Telefons, größere Entfernungen überbrückende, hoch leitfähige Kupferdrähte. Gleiches gilt für die Ankerwicklung, seit Werner von Siemens 1866 das dynamo-elektrische Prinzip entdeckte. Durch die damit ermöglichte Anwendung des Elektromagneten waren gegen Ende des 19. Jahrhunderts kleine, schnelllaufende Elektroantriebe (Elektromotoren) für Arbeitsmaschinen verfügbar und ersetzten allmählich Dampfmaschine und Treibriemen. Es folgten die Generatoren zur Stromerzeugung in Kraftwerken und es entstand damit wieder ein Bedarf für die zur Übertragung der hochgespannten Ströme nötigen Freileitungen aus Kupfer.

Für öffentliche und individuelle Heizungsanlagen und Wasserversorgung (Armaturen) entsteht Bedarf an Kupferrohren. Für wassergekühlte Verbrennungsmotoren in Automobilen wird ein Röhrenkühler aus Kupfer (Kühler) verwendet. Insgesamt waren gemäß Fachpresse im Jahr 2008 in einem Auto rund 25 kg Kupfer enthalten. Für Elektroautomobile rechnen gleiche Quellen mit einem Mehrbedarf von 40 kg Kupfer je Fahrzeug.

Im Schiffbau findet das korrosionsfeste und Muschelbewuchs abwehrende Kupfer unterhalb der Wasserlinie Anwendung (Fouling), oberhalb dominiert dagegen Messing bei Ausrüstungsgegenständen, Beschlägen und Instrumenten. Die dabei bewiesene Resistenz gegen Witterungseinflüsse ließ zahlreiche Einsatzmöglichkeiten im Bauwesen wie im Verkehr entstehen. Die bakterizide Eigenschaft von Messingklinken und -griffen erweist sich bei öffentlichen Verkehrsmitteln als vorteilhaft.
[<https://de.wikipedia.org/wiki/Metallurgie#Pyrometallurgie>]

Übung 3. Richtig oder falsch?

1. Kupfer verwendet man in Europa seit Mitte des 19. Jahrhunderts.
3. Rotguss wird bis heute für Armaturen eingesetzt.
4. In der Telegrafie gebraucht man Kupferdrähte, weil sie hohe Leitfähigkeit besitzen.
5. Werner von Siemens ist als Erfinder der Dampfmaschine bekannt geworden.
6. In jedem modernen Auto sind etwa 40 kg Kupfer enthalten.
7. Kupfer ist beständig gegen Witterungseinflüsse.

Übung 4. Verbinden Sie die Daten mit passenden Informationen aus dem Text! Bilden Sie Sätze!

1. Mitte des 19. Jahrhunderts	a. Veröffentlichte die Fachpresse ein Bericht, nach dem in einem Auto ca. 25 Kg Kupfer enthalten sind.
2. 1866	b. Es wurden kleine, schnelllaufende Elektromotoren für Arbeitsmaschinen verfügbar, die allmählich Dampfmaschine und Treibriemen ersetzen.
3. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts	c. Werner von Siemens entdeckte das dynamo-elektrische Prinzip.
4. Im Jahr 2008	d. Durch Industrialisierung in Europa beginnt die neue Kupferzeit in Europa.

Übung 5. Beantworten Sie die Fragen zum Inhalt des Textes!

1. Wann begann in Europa die Wiederkehr des Kupfers?
2. Was bedingte diese Wiederkehr?
3. Warum wurde die neue Kupferlegierung „die Kanonenbronze“ genannt?
4. Zu welchen Zwecken verwendete man diese Legierung später?
5. Wie änderte sich die Anwendung von Kupferlegierungen nach der Entdeckung des dynamo-elektrischen Prinzips?
6. Welche Eigenschaften des Kupfers bedingen seine Anwendung in der Automobilität?
7. Welche Eigenschaften des Kupfers haben große Bedeutung im Schiffbau?

Übung 6. Machen Sie schriftlich eine kurze Zusammenfassung des Textes!

Lektion V. Aluminium

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden.

bescheiden - скромный
entdecken (te,t) - открывать
geschmolzen (Partizip II) - расплавленный
die Schmelzflusselektrolyse – электролиз расплава
gewinnen (a, o) - добывать
zu einem Patent anmelden (te,t) – запатентовать, подать заявку на патент
die Aluminiumhütte – завод по производству алюминия
die Aluminium-Industrie Aktiengesellschaft – акционерное общество алюминиевой промышленности
die Härtung – закаливание
der Zusatz – добавка, присадка
die Raumfahrttechnik – космическая техника
vorkommen – встречаться в природе

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 5. Aluminium

Aluminium ist ein silbrig-weißes Leichtmetall. In der Erdhülle ist es, nach Sauerstoff und Silicium, das dritthäufigste Element und in der Erdkruste das häufigste Metall. In der Werkstofftechnik werden mit „Aluminium“ alle Werkstoffe auf Basis des Elementes Aluminium verstanden. Dazu zählt Reinaluminium (mindestens 99,0 % Al), Reinstaluminium (min 99,7 % Al) und insbesondere die Aluminiumlegierungen, die bis zu mit Stahl vergleichbare Festigkeiten besitzen – bei nur einem Drittel seiner Dichte.

Bescheiden war bei Aluminium der Anfang. Friedrich Wöhler reduzierte es 1828 erstmals als ein graues Pulver, obschon Aluminium als

Element schon 1825 von Hans Christian Ørsted entdeckt wurde. Die Herstellung geschmolzener Kügelchen aus Aluminium gelang erst 1845. 1854 wurde von Robert Wilhelm Bunsen zur Gewinnung nutzbarer Mengen die Schmelzflusselektrolyse vorgeschlagen. Henri Etienne Sainte-Claire Deville stellte es 1855 erstmals in einem Prozess dar und nannte es „Silber aus Lehm“, wegen der damaligen Kosten seiner Herstellung. 1886 wurde das Verfahren der Schmelzflusselektrolyse von Charles Martin Hall und Paul Héroult gleichzeitig zu einem Patent angemeldet, das bis heute Grundlage der Aluminiumerzeugung ist und ihm den Weg zu einem Gebrauchsmetall geöffnet hat. Es dauerte nochmals zehn Jahre, bis mit Hilfe starker, die Wasserkraft des Rheinfalls nutzender Turbinen die erste Aluminiumhütte der Welt im schweizerischen Neuhausen am Rheinfall den Betrieb aufnahm. Weitere zehn Jahre später nahm ebenfalls die Aluminium-Industrie Aktiengesellschaft in Rheinfelden (Baden) am Hochrhein die erste deutsche Aluminiumhütte (Aluminium Rheinfelden) in Betrieb, die ihre Energie vom kurz zuvor erbauten Wasserkraftwerk Rheinfelden bezog.

2014 wurden allein von den fünf arabisch dominierten Primärhütten knapp fünf Millionen t Rohaluminium erzeugt. Deutschland nennt pro Einwohner 2011 einen Verbrauch von 28 kg Aluminium.

Das chemisch ähnliche Scandium mit der Dichte von $2,985 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ist ein Leichtmetall, das erst im Zeitalter der Raumfahrttechnik Interesse findet. Bor ist ein weiteres Nichtmetall, das nur in Form oxidischer Verbindungen vorkommt. In der Metallurgie wird es bei der Härtung von Stählen, als Zusatz bei Aluminium-Legierungen und als Neutronenbremse in der Nukleartechnik verwendet. Als Erdmetalle lassen sich dem an erster Stelle stehenden Aluminium Elemente beordnen, die zwar nicht in die gleiche Gruppe des periodischen Systems gehören, sich jedoch metallurgisch insofern vergleichbar darstellen, als sie in der freien Natur nie in Erzlagertstätten vorkommen, sondern nur als Mineralien, in Form chemischer Verbindungen, meist sind es Chloride, Silikate oder Carbonate.

Übung 3. Antworten Sie auf folgende Fragen zum Text!

1. Wann und von wem wurde Aluminium entdeckt?
2. Wer erfand das Verfahren der Schmelzflusselektrolyse?

3. Wer hat das Verfahren der Schmelzflusselektrolyse zu einem Patent angemeldet?
4. Wo wurde die erste Aluminiumhütte der Welt errichtet?
5. Wieviel Aluminium verbrauchte jeder deutsche Bürger im Jahr 2011?
6. Welches Metall hat ähnliche Eigenschaften wie das Aluminium?

Übung 4. Ergänzen Sie folgende Sätze!

<i>Gewinnung</i>	<i>Massenproduktion</i>	<i>Schmelzflusselektrolyse</i>
<i>produziert</i>	<i>Tonnen</i>	<i>entdeckt</i>

1. Das Aluminium, das in der Natur fast ausschließlich in Form von chemischen Verbindungen vorkommt, wurde im frühen 19. Jahrhundert
2. Im frühen 20. Jahrhundert setzte die industrielle ein.
3. Die erfolgt in Aluminiumhütten aus dem Mineral Bauxit zunächst im Bayer-Verfahren, mit dem Aluminiumoxid gewonnen wird.
4. Anschließend wird der Hall-Héroult-Prozess einer eingesetzt, bei der Aluminium gewonnen wird.
5. 2016 wurden weltweit 115 Mio. Tonnen Aluminiumoxid (Al₂O₃).....
6. Daraus hat man 54,6 Mio. Primäraluminium gewonnen.

Übung 5. Übersetzen Sie aus dem Deutschen ins Russische!

Das Aluminium

Das Aluminium ist sehr unedel und reagiert an frisch angeschnittenen Stellen bei Raumtemperatur mit Luft und Wasser zu Aluminiumoxid. Dies bildet aber sofort eine dünne, für Luft und Wasser undurchlässige Schicht (Passivierung) und schützt so das Aluminium vor Korrosion. Reines Aluminium weist eine geringe Festigkeit auf; bei Legierungen ist sie deutlich höher. Die elektrische und thermische Leitfähigkeit ist hoch, weshalb Aluminium für leichte Kabel und Wärmetauscher verwendet wird. Eines der bekanntesten Produkte ist Alufolie. Weitere sind Bauteile

in Fahrzeugen und Maschinen, elektrische Leitungen, Rohre, Dosen und Haushaltsgegenstände. Das Aluminiumrecycling erreicht weltweit Raten von etwa 40 %. Die Wiederverwertung benötigt nur etwa 5 Prozent der Energie der Primärgewinnung.

Übung 6. Machen Sie eine Gedankenkarte mit Informationen der Texte (Übung 2 und 5). Erzählen Sie über das Aluminium anhand der Karte!

Lektion VI. Legierungen

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden.

die Verbindung – соединение
das Zulegen – присадка легирующего элемента
das Reingold – чистое золото
das Legierungselement – легирующий элемент
das Sonderlegierungselement – специальный легирующий элемент
abweichend – отличающийся, отклоняющийся
die Gießbarkeit – литейные свойства
die Verunreinigung – загрязнение, примесь
intermetallische Phase – интерметаллическая фаза
die Klebneigung – склонность к слипанию
das Druckgießen – литьё под давлением
die Kornfeinung – измельчение зерна
die Luft- und Raumfahrt – авиация и космонавтика

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text!

Text 6. Legierungen

Verbindungen aus mehreren Metallen werden als Legierungen bezeichnet. Schon früh hatte man erkannt, dass sich die Eigenschaften metallischer Werkstoffe durch Zulegen anderer Bestandteile optimieren lassen. So weisen Legierungen ein in manchen Merkmalen verbessertes oder sogar vollkommen andersartiges Eigenschaftsprofil auf

als der Ausgangswerkstoff. Legierungen sind härter als das reine Metall, korrosionsbeständiger oder warmformbeständiger; Eigenschaften also, die für technische Anwendungen besonders benötigt werden. Daher werden heute in der Hauptsache Legierungen verarbeitet. Der reine metallische Werkstoff kommt nur selten zum Einsatz. Für Schmuck wäre zum Beispiel 100 %-iges Reingold überhaupt nicht zu verwenden, da es weich und extrem dehnbar ist. Aus diesem Grund wird es mit Kupfer und Silber auflegiert. Die rötlich-gelbe Goldlegierung 333 besteht beispielsweise zur Hälfte aus Kupfer und zu einem Sechstel aus Feinsilber. 935er Silber wird wegen der guten Verarbeitungsqualitäten gerne für Korpuswaren eingesetzt. Zur Beschreibung der Zusammensetzung einer Legierung sind in der werkstoffwissenschaftlichen Bezeichnung die einzelnen Bestandteile und ihre Anteile in Prozent aufgeführt. So enthält Messing CuZn28 zum Beispiel 72 % Kupfer und 28 % Zink. [<https://www.modulor.de/werkstoffbibliothek/metall/>]

Aluminiumlegierungen

In Aluminiumlegierungen kommen zahlreiche Legierungselemente vor. Als Hauptlegierungselement werden Silicium, Magnesium, Mangan, Kupfer und Zink genutzt. Sie erhöhen die Festigkeit durch die sogenannte Mischkristallverfestigung. Bei reinem Aluminium sind die Atome in einer regelmäßigen Struktur angeordnet. Bei den Legierungen sind manche der Aluminiumatome durch Atome der anderen Elemente ersetzt worden. Da diese eine von den Alu-Atomen abweichende Größe haben, können sich die Atome schlechter gegeneinander verschieben, was sich als höhere Festigkeit bemerkbar macht. Manche bilden auch Ausscheidungen (Aluminiumarme oder -freie Bereiche) die ebenfalls die Festigkeit erhöhen. Für hohe Festigkeiten werden Zink (zusammen mit Magnesium) und Kupfer genutzt. Für mittlere Festigkeiten Mangan, Magnesium und Silicium. Letzteres verbessert auch die Gießbarkeit.

Begleitelemente sind Eisen und Silicium die aus dem Elektrolyseprozess bei der Herstellung von Aluminium stammen. Meistens handelt es sich um Verunreinigungen, die unerwünscht sind. Vor allem Eisen hat negative Effekte auf die Festigkeit, da es

verschiedene intermetallische Phasen bildet. Genutzt wird es um Silizium zu binden, was die elektrische Leitfähigkeit verbessert und um die Klebneigung zu senken bei Legierungen die für das Druckgießen vorgesehen sind. Diese neigen sonst dazu an den stählernen Dauerformen festzukleben.

Daneben gibt es noch Sonderlegierungselemente. Titan, Bor, Mangan, Zirkonium, Chrom, Vanadium und Scandium werden zur Kornfeinung genutzt. Bereits sehr geringe Mengen davon dienen als sogenannter Keim beim Erstarren der Schmelze, sodass diese an vielen Stellen gleichzeitig erstarrt, was ein feineres Gefüge und damit höhere Festigkeit zur Folge hat. Bismut, Blei und Schwefel werden genutzt um das Brechen der Späne beim Fräsen, Bohren und Drehen zu verbessern. Die Wirkung entspricht derjenigen dieser Elemente bei Automatenstahl. Die Elemente Lithium und Scandium sind wesentlich leichter als Aluminium und dienen dazu die Dichte zu verringern, was vor allem bei Legierungen für Luft- und Raumfahrtanwendungen vorteilhaft ist. [<https://de.wikipedia.org/wiki/Aluminiumlegierung>]

Übung 3. Richtig oder falsch?

1. Legierungen sind Verbindungen aus mehreren Metallen.
2. Durch Verwendung von Legierungselementen kann man die Festigkeit der Metalle reduzieren.
3. Das reine Metall ist korrosionsbeständiger als die Legierung.
4. 100 %-iges Reingold ist das beste Material für Erzeugung von Schmuck.
5. 935er Silber kann leicht verarbeiten werden.
6. Die am meisten eingesetzten Legierungselemente sind Silicium, Magnesium, Mangan, Kupfer und Zink.
7. Bei den Aluminiumlegierungen ersetzen die Atome der anderen Elemente manche Aluminiumatome.
8. Durch Einsatz von Zink (zusammen mit Magnesium) und Kupfer wird die Aluminiumlegierung fester.
9. Sonderlegierungselemente, wie Titan, Bor, Mangan, Zirkonium, Chrom, Vanadium und Scandium setzt man zur Kornfeinung ein.
10. Durch Verwendung von Sonderlegierungselementen erstarrt die Schmelze gleichzeitig und hat zur Folge groberes Gefüge.

Übung 4. Stellen Sie mind. 10 Fragen zum Text!

Übung 5. Lesen Sie die Informationen in der folgenden Tabelle durch. Definieren Sie die wichtigsten Legierungen und berichten Sie über ihre großtechnische Anwendung!

Zusammensetzung und Verwendung wichtiger Legierungen

Legierung	Zusammensetzung	Verwendung
Invar	Eisen-Nickel-Legierung	Bimetalle, Geräte zur Zeit- und Distanzmessung
Bronze	Kupfer-Zinn-Legierung	Glocken, Skulpturen, Schmuckstücke
Neusilber	Kupfer-Nickel-Zink	Silbersatz, Besteck, Elektroverbinder
Konstantan	Kupfer-Nickel-Mangan	Münzen, elektrische Widerstände
Rotguss	Kupfer-Zinn-Zink	Armaturen, Rohrverbinder, Gleitlager, Zahnräder
Inconel	Nickel-Chrom-Eisen	Hochtemperaturanwendungen in Luft- und Raumfahrt
Messing	Kupfer-Zink	Goldersatz, Schmuck, Armaturen, Blasinstrumente
Lötzinn	Blei-Zinn	Lotmaterial
Elektron	Magnesium-Aluminium	optische Bauteile
Memory-Metall	Formgedächtnislegierung	künstliche Herzklappen
Tulasilber	Silber-Kupfer-Schwefel	Kunstobjekte, Schmuck
Galistan	Gallium-Indium-Zinn	Quecksilbersatz, Gleitpaste
Duraluminium	Aluminium-Kupfer-Magnesium-Mangan-Silizium	Stahlersatz im Flug- und Fahrzeugbau

Übung 6. Erzählen Sie über die Legierungen!

Lektion VII. Metallurgische Grundprozesse

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden. Lesen und übersetzen Sie den Text.

die Pyrometallurgie – пирометаллургия

die Feuerraffination – огневое рафинирование
die Seigerung – сегрегация
die Entmischung – разделение смесей
der Dichteunterschied – различие в плотности
sinken (a,u) – тонуть, опускаться на дно
der Muffelofen – муфельная печь
das Trennverfahren – способ разделения
das Auslaugen – выщелачивание
die Tonerde – глинозём
das Pechiney-Verfahren – метод компании Печиней
die Pulvermetallurgie – порошковая металлургия
explosionsgefährdet – взрывоопасный
heißisostatische Verpressung – изостатическое горячее прессование
hochpyrophor – пирофорный, легковоспламеняющийся

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text.

Text 7. Metallurgische Grundprozesse

Pyrometallurgie

Pyrometallurgie ist die thermische Weiterbearbeitung von Erzen oder bereits gewonnenem Metall, sei es oxidierend, also unter Sauerstoffzufuhr erhitzt (Abrösten), oder reduzierend in sauerstofffreier Ofenatmosphäre. Zuzuordnen ist hier die Feuerraffination (Oxidieren und Verschlacken unerwünschter Elemente), ferner die Seigerung, worunter die Entmischung einer Schmelze unter Ausnutzung von Dichteunterschieden im Schmelzgut zu verstehen ist (Beispiel: Oberhalb seiner Löslichkeitsgrenze in Kupfer seigert Blei aus einer Kupferlegierungsschmelze aus, sinkt auf den Boden des Schmelzgefäßes). Ähnlich verhält es sich bei der Destillation, die bei vorgegebener Temperatur unterschiedliche Dampfdrücke der Stoffe zur Trennung in Fraktionen nutzt (Beispiel Zinkgewinnung aus abgeröstetem Zinkerz in Muffelöfen). Letzter Stand der Technik ist ein Zweistufenverfahren, um aus Kupfer und Goldkonzentraten Verunreinigungen, wie etwa Arsen, Antimon und Kohlenstoff durch Abrösten zu entfernen.

Hydrometallurgie

Hydrometallurgie bedeutet ursprünglich Vorbereitung von Erzen zur Verhüttung durch kalte oder warme Trennverfahren (Kalt- oder Heißextraktion) mittels Wasser. Die historische Flotation, weiterentwickelt zur Sink-Schwimmtrennung, ermöglicht es, im Abbau gewonnenes Erz weiter anzureichern. Gleichen Zwecken dient das Auslaugen und Auskochen. Die Extraktion durch Säuren, Laugen, organische Lösungen und Bakterien gehört ebenfalls zur Hydrometallurgie. Sind Bakterien beteiligt, spricht man vom Bioleaching. Durch chemische Fällungsverfahren oder mittels Elektrolyse werden ferner aus armen Erzen, die in geringerer als einprozentiger Konzentration enthaltenen Elemente gewonnen, beispielsweise Edelmetalle. In diesen Fällen wird die Hydrometallurgie als „Elektrometallurgie auf nassem Wege“ bezeichnet.

Elektrometallurgie

Die Elektrometallurgie umfasst elektrothermische und carbothermische sowie elektrolytische Verfahrenstechniken. Die moderne Stahlerzeugung, die den Hochofen durch den mit oxydreichem Schrott beschickten Induktionsofen ersetzt, kann ebenfalls als elektrometallurgisches Verfahren bezeichnet werden (Elektrostahl). Mittels der Schmelzflusselektrolyse wird aus einem Tonerde-Kryolith-Gemisch Aluminium an der Kathode freigesetzt (Hall-Héroult-Verfahren). Zum Einsatz kommen dabei eine Kohlewanne für das Gemisch, die gleichzeitig als Kathode fungiert, und von oben zugeführte, stromführende Anoden. Das heute allgemein angewandte Bayer-Verfahren gewinnt das Aluminium in einem kontinuierlichen Prozess der Metallentnahme und Gemischzuführung von Tonerde, wie der in besonderen Tonerdefabriken aufbereitete und getrocknete Bauxit genannt wird. Zur Produktionskontinuität gehört bei der Elektrolyse des Tonerde-Kryolith-Gemischs der fortlaufende Ersatz verbrauchter Anoden. Die über einige Jahrzehnte den Standard bildende Söderberg-Anodentechnik wird durch das hinsichtlich Energieverbrauch, Anodenerhalt und Ausbeute deutlich verbesserte Pechiney-Verfahren zunehmend abgelöst; bestehende Altanlagen werden stillgelegt oder umgerüstet. Nach dem Prinzip der Schmelzflusselektrolyse eines Chloridgemischs (weil mit

Gemischen stets die erforderliche Reaktionstemperatur erniedrigt wird) können alle Alkalimetalle aus ihren Salzlösungen gewonnen werden.

Pulvermetallurgie

Der Begriff Pulvermetallurgie wird zwar verbreitet in Fachliteratur und Praxis verwendet, es handelt sich dennoch um keine eigenständige Metallurgie, sondern eine – latent explosionsgefährdete – Technik, geschmolzene Metalle und Legierungen entweder im Flüssigzustand zu Pulver zu verdüsen oder sie aus dem Festzustand heraus in Feinstgranulat umzuwandeln. In Pulvermühlen lässt sich die Mehrzahl der Nutzmehalle – von Aluminium bis Zink – zu Pulvern mit Korngrößen von 0,1 bis 500 µm zermahlen. Wegen der von allen Metallpulvern, mit unterschiedlichem Gefahrenpotential, ausgehenden Explosionsgefahr im Kontakt mit Luftsauerstoff wird eine Inertisierung oder Phlegmatisierung vorgenommen. Stabilisatoren, die von Wachs bis zu Phthalaten reichen, setzen die Explosionsempfindlichkeit herab. Magnesiumpulver ist wegen seines hochpyrophoren Verhaltens ein Sonderfall. Es kann nicht durch Mahlen, sondern nur durch „Abreiben“ vom Blockmetall gewonnen werden. Bedeutend sind Metallpulver, in diesem Fall korrekt „anorganische Pigmente“ genannt, als Bestandteil von Metallic-Lacken bei Automobilen. Ein völlig anderes Einsatzgebiet ist das Verpressen in Stahlformen unter sehr hohem Druck (2000 bar und mehr). Aus so verpressten reinen Metallpulvern, häufiger legierungsähnlichen Gemischen, können metallische Formteile hergestellt werden (MIM-Verfahren, SLM-Verfahren). Bei heißisostatischer Verpressung, der eine Erhitzung der Pulver bis zur Erweichungsgrenze vorangeht, werden die Eigenschaften gegossener Teile erreicht. Ein anderer Weg wird bei der Herstellung schwer zu gießender oder aufwändig aus dem Vollen zu fertigender Teile durch Nutzung des 3D-Druck-Verfahrens beschritten. Diese an sich schon seit Jahren bekannte Technik ist inzwischen soweit fortgeschritten, dass auf 3D-Druckern metallische Serienteile für technisch anspruchsvollen Einsatz schichtweise, bis zur vom Rechner vorgegebenen Form, aufgebaut (gespritzt) werden. Im Formen- und Modellbau kommt Pulver-Flammspritzen zum Einsatz. Das Metallpulver wird dabei durch eine Flamme erweicht, oder auch durch Plasma (Plasmaspritzen). Der Vorteil liegt in der kurzfristigen möglichen Herstellung von Werkzeugen – Formen

– für Pilotprojekte im Maschinen- und Werkzeugbau (Automobilindustrie).

[<https://de.wikipedia.org/wiki/Metallurgie#Pyrometallurgie>]

Übung 3. Stellen Sie 10 Fragen zum Text!

Übung 4. Erstellen Sie die Gedankenkarte und erzählen Sie anhand der Karte über die wichtigsten metallurgischen Prozesse!

Lektion VIII. Verarbeitung metallischer Werkstoffe

Übung 1. Merken Sie sich folgende Wörter, die Ihnen bei der Übersetzung des Textes helfen werden. Lesen und übersetzen Sie den Text.

die Formgebung – формовка

das Sandgießen – литье в песок

das Kokillengießen – литьё в металлические формы, литье в кокиль

das Kupplungsgehäuse – корпус сцепления

das Waffeleisen – вафельница

das Stranggießen – непрерывное литьё

das Halbzeugprofil – форма для отливки полуфабриката

das Schleudergießen – центробежное литье

die Fliehkraft – центробежная сила

das Umformen – пластическое формоизменение

die spanlose Umformung – пластическая обработка давлением

das Zerspanen – обработка резанием

das Beschichten – нанесение покрытий

Übung 2. Lesen und übersetzen Sie den Text.

Text 8. Verarbeitung metallischer Werkstoffe

Auf Grund der großen Bedeutung metallischer Werkstoffe wurde in den letzten Jahrhunderten eine Vielzahl industrieller und handwerklicher Techniken zu ihrer Verarbeitung entwickelt.

Formgebung

Die wichtigsten urformenden Verfahren direkt aus der Metallschmelze sind das Sandgießen, das Kokillengießen, das man für die Herstellung von Zinnfiguren aus dem eigenen Hobbykeller kennt, oder das Druckgießen von beispielsweise komplexen Gehäuseelementen (z. B. Kupplungsgehäuse oder Waffeleisen). Das Feingießen findet Anwendung zur Massenherstellung von Kleinteilen mit komplexen Formgeometrien und geringen Wandstärken, wenn insbesondere eine hohe Oberflächenqualität gefordert ist. Es ist für nahezu alle Metalllegierungen geeignet. Stranggießen ist das bevorzugte Verfahren zur Überführung der Schmelze in Halbzeugprofile. Werden großvolumige und rotationssymmetrische Bauteile benötigt, ist das Schleudergießen geeignet. Hier wird das flüssige Metall in eine rotierende Kokille eingebracht und durch die Fliehkraft an den Außenrand gedrückt, wo es schließlich erstarrt. In den letzten Jahren haben sich darüber hinaus einige Techniken entwickelt, die insbesondere für den Gestaltungsbereich von Interesse sein können. Hier sei das Schäumen von Aluminium genannt, das als sehr interessantes Material für Außenfassaden seit einiger Zeit in der Szene kursiert. Auf Grund der Möglichkeit zur freien Formgebung wurden außerdem generative Verfahren wie das Lasersintern, das Lasermelting oder das 3D-Printing zur Verarbeitung von Metallpulvern qualifiziert.

Umformen

Metallische Werkstoffe liegen in aller Regel als Halbzeuge wie Platten, Rohre, Stangen, Bleche oder Bänder vor, die entweder umgeformt oder zerspannt werden. Für die spanlose Umformung haben die Techniken Biegen, Tiefziehen, Stauchen und Schmieden eine hohe Bedeutung. Druckumformtechnologien wie Walzen, Schmieden, Fließ- oder Strangpressen dienen insbesondere der Weiterverarbeitung von Bauteilen in großen Stückzahlen. Auch bei den umformenden Verfahren wurden neue Techniken entwickelt, die besondere Potenziale für den Gestaltungsbereich aufweisen. So ist es mittlerweile möglich, metallische Blechteile aufzublasen und somit komplexe Rohrstrukturen sehr effizient herzustellen. Eine andere interessante Technologie ist das Explosionsformen. Die Schockwellen einer Sprengstoffdetonation werden auf ein Bauteil übertragen und verformen selbst hochfeste

Werkstoffe in Bruchteilen einer Sekunde. Da die Umformkräfte nicht wie beim Tiefziehen durch die Größe der Presse begrenzt sind, gibt es fast keine Einschränkung bei den maximalen Bauteilabmaßen.

Zerspanen und Schneiden

Die Liste der zerspanenden Trennverfahren ist lang: Drehen, Bohren, Fräsen, Hobeln, Räumen, Sägen, Stanzen und Schleifen sind übliche Techniken. Darüber hinaus finden chemische und elektrochemische Abtragsverfahren wie das Metallätzen Verwendung. Graviertechniken sind vor allem für die Beschriftung von Blechzuschnitten geeignet. In den letzten Jahren hat sich außerdem der Laserstrahl als sehr flexibles Hilfsmittel für den hochpräzisen Zuschnitt von Bauteilen mit kleinen Stückzahlen als besonders effizient herausgestellt. Schnittfugen von 0,1-0,3 mm sind realisierbar, die sich bei Blechen mit einer Materialstärke von weniger als 1 mm auf einen Wert von etwa 50 Mikrometer reduzieren lassen. Der Laserstrahl hat in manchen Bereichen die traditionellen Gravier- und Ätztechniken ersetzt und eignet sich zudem zum Strukturieren von Bauteiloberflächen.

Beschichten und Veredeln

Für den Korrosions- und Verschleißschutz oder zur Erzeugung interessanter Oberflächeneffekte werden Metallbauteile beschichtet. Überzüge entstehen beispielsweise beim Galvanisieren (z. B. Verchromen) oder Tauchen in die Metallschmelze (z. B. Feuerverzinken). Nichtmetallische Schichten werden durch Oxidieren, Phosphatieren oder Emaillieren (Glasieren) erzeugt und natürlich auch durch den Auftrag von Lacken oder Farben. Insbesondere der Tampondruck hat sich für das Bedrucken von dreidimensional geformten Bauteiloberflächen bewährt. Metalle lassen sich außerdem auch auf einfache Weise mit einer Polymerschicht überziehen. Hier ist das Wirbelsintern ein geeignetes Verfahren. Das Metallteil wird auf eine Temperatur zwischen 100 °C und 300 °C erwärmt und in einen Behälter gehalten, in dem Kunststoffpulver verblasen wird. Die Partikel bleiben an der aufgrauten Oberfläche haften, schmelzen auf und bilden nach Abkühlung einen festen Kunststofffilm. Ein hervorragendes Verfahren, um Aluminiumbauteile mit einer farbigen Oxidschicht zu versehen, ist das Anodisieren, das auch unter dem Begriff Eloxieren bekannt ist. Die Verarbeitungshinweise zu metallischen Werkstoffen beschränke sich daher auf einfache handwerkliche

Verfahren, die ohne aufwändige Ausstattung und teures Werkzeug ausgeführt werden können.

Übung 3. Stellen Sie mind. 10 Fragen zum Text!

Übung 4. Erstellen Sie die Gedankenkarte zum Thema des Textes und erzählen Sie anhand der Karte über die Verarbeitung metallischer Werkstoffe!

Texte für selbstständige Arbeit:

Text 9. Eisenerzgewinnung und -verarbeitung

Eisenerz wird hauptsächlich im Tagebau und seltener im Tiefbau (Untertagebau, wie in der Eisenerzgrube Kiruna) gewonnen. Dort, wo die als abbauwürdig erkannten Eisenerzlagerstätten offen zutage treten, kann das Erz im weniger aufwändigen Tagebau gewonnen werden. Der Großteil des Eisenerzes wird in Brasilien, Australien, China, Indien, den USA und Russland abgebaut. Diese Länder verdrängten in den letzten Jahren die ursprünglich bedeutendsten Eisenerz-Förderländer wie Frankreich, Schweden und Deutschland, dessen letzte Eisenerzgrube in der Oberpfalz 1987 geschlossen wurde.

Aus technologisch-wirtschaftlichen Gründen sollten die zur Verarbeitung in Hochöfen eingesetzten Erze, in chemischer und physikalischer Sicht gleichmäßige Eigenschaften besitzen. Demnach müssen die beim Abbau gewonnenen grobe Erze gebrochen, gemahlen und gesiebt und die zu feinen Erze stückig gemacht werden. Das bezeichnet man als Erzvorbereitung. Ungleichmäßigkeiten der Erze eines Abbauortes oder verschiedener Abbauorte werden durch Mischen der Erze auf sogenannten Mischbetten ausgeglichen. Nur ein kleiner Teil der Erze kann als Stückerz direkt im Hochofen eingesetzt werden.[76] Der Hauptanteil der Eisenerze liegt als Feinerz vor und muss für den Einsatz im Hochofen stückig gemacht werden, da das feine Erz die Luftzufuhr (Wind) im Hochofen sehr beeinträchtigen oder sogar verhindern würde. Die wichtigsten Verfahren dafür sind Sinterung und Pelletierung. In Deutschland werden die Erze vorwiegend durch Sintern stückig gemacht.

In anderen Ländern, beispielsweise in den USA, wird mehr pelletiert, wobei die bei der Aufbereitung anfallende Korngröße entscheidend für die Auswahl des Verfahrens ist. Das Sintern erfordert eine Korngröße von mehr als 2 mm, während noch feiner aufgemahlene Erze pelletiert werden.

In den Sinteranlagen werden gröbere Erzkörner nach ihrer Größe sortiert und gesintert. Kleine Erzkörner müssen dazu gemeinsam mit Kalkzuschlagsstoffen auf mit Gas unterfeuerte, motorisch angetriebene Wanderroste (Rost-Förderbänder) aufgebracht und durch starke Erhitzung angeschmolzen und dadurch „zusammengebacken“ (gesintert) werden. Sehr feines Erz wird pulverfein aufgemahlen, was oft bereits zur Abtrennung von Gangart nötig ist. Dann wird es mit Kalkstein, feinkörnigem Koks (Koksgrus) und Wasser intensiv vermischt und auf einen motorisch angetriebenen Wanderrost aufgegeben. Durch den Wanderrost werden von unten Gase abgesaugt. Von oben wird angezündet und eine Brennfront wandert von oben nach unten durch die Mischung, die dabei kurz angeschmolzen (gesintert) wird. Beim Pelletieren wird mit Bindemitteln, Zuschlägen und Wasser eine Mischung erzeugt, die dann auf Pelletiertellern zu Kügelchen (Grünpellets) von 8 bis 18 mm Durchmesser gerollt wird. Diese werden mit Gasbefuerung bei 1000 °C auf einem Wanderrost, in Schachtöfen oder Drehrohröfen zu Pellets gebrannt. Sinter ist nicht gut transportierbar und wird deshalb im Hüttenwerk erzeugt, Pelletanlagen werden meist in der Nähe der Erzgruben betrieben.

Text 10. Zink

Die Vorräte an Galmei, der in früheren Jahren das Rohmaterial für die Zinkdarstellung lieferte, reichten für die bedeutend vermehrte Zinkproduktion nicht mehr aus, weshalb in immer größer werdenden Mengen Zinkblende zur Verhüttung herangezogen werden musste. Hierbei sind jedoch umfangreiche Vorbereitungsarbeiten für den Destillationsprozess erforderlich, so dass sich die Fortschritte in den letzten 25 Jahren hauptsächlich auf die Ausgestaltung dieser Vorbereitungsarbeiten erstreckten. Sie bestehen in einer ziemlich weitgehenden Zerkleinerung der Erze, in der Aufbereitung armer Erze,

sowie namentlich in der Röstung derselben. Zur Zerkleinerung werden Steinbrecher und Walzwerke verwendet. Die Aufbereitung ist durch Einführung der Linkenbachschen Rundherde, der magnetischen und elektrostatischen Trennung, sowie durch das Flotationsverfahren vervollkommen worden. Als Röstöfen kamen in Deutschland der Eichhorn-Liebig-Ofen, der Ofen von Hasenclever und der Savelsbergofen in Anwendung, während sich mechanische Röstöfen als Ersatz für die Fortschaufungsöfen in Deutschland nicht einbürgerten. In der Kondensation der schwefligen Säure aus den Röstöfen für Blenden sind ebenfalls wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. Die Konstruktion der Öfen und der Feuerung wurde verbessert, ebenso sind in der Herstellung der Retorten und Muffeln, sowie namentlich auch in den Kondensationsvorrichtungen für die Zinkdämpfe zum Teil Fortschritte erzielt worden. Die Zinkgewinnung belief sich im Jahre 1887 auf rund 34 500 Tonnen, bis 1912 war sie auf 271 064 Tonnen angewachsen und steht damit an zweiter Stelle unter den Kulturstaaten. Der Anteil an der Weltproduktion, der im Jahre 1887 noch 44% betrug, ist jedoch auf 27% im Jahre 1912 gesunken.

Text 11. Blei

Die am Ausgange des 19. Jahrhunderts bestehenden Bleigewinnungsprozesse haben im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte einschneidende Verbesserungen erfahren, und zwar in erster Linie durch eine wesentliche Vereinfachung des Röstverfahrens. Gerade das Rösten des leicht schmelzbaren Bleiglanzes und seiner ebenso leicht schmelzbaren Oxydationsprodukte machte diesen Teil der Bleierzverhüttung zu der mühsamsten und wegen der Giftigkeit des bleiischen Staubes und Rauches zu der gesundheitsschädlichsten Arbeit der wichtigsten Hüttenbetriebe. Wenn man nun schon in einzelnen Bleihütten, wie z. B. in Lautenthal, ein die Vorröstung des Bleiglanzes vermeidendes Schmelzverfahren, die sog. Niederschlagsarbeit, mit Erfolg eingeführt hatte, so haben die beiden Hütteningenieure Huntington und Heberlein (letzterer jetzt Mitglied des Direktoriums der Metallurgischen Gesellschaft in Frankfurt) das Bleihüttenwesen endgültig von dieser todbringenden Arbeit befreit. Dieses Verfahren und seine durch

Savelsberg, Carmichael und Bradford ausgearbeiteten Modifikationen haben die schwierige Röstarbeit in einem einfachen, durch eingeblasenen Wind beschleunigten und fast ohne menschliche Handarbeit automatisch verlaufenden Verbrennungsprozess umgewandelt, welcher die Leistungsfähigkeit der Bleihütten vergrößerte, den Raumbedarf der Rösthütten verringerte und die unmittelbare Verarbeitung der Röstgase auf Schwefelsäure ermöglichte. Das Röstprodukt ist porös und doch fest genug, um ohne Schwierigkeit in Schachtöfen reduzierend verschmolzen werden zu können. Fast alle gutgeleiteten Bleihütten Deutschlands sind zu diesem Röstverfahren und damit zu der sog. Röstreduktionsarbeit übergegangen. Auch beim Bau der Schachtöfen für das Reduktionsschmelzen ist man zuerst in Freiberg (Pilz) dazu übergegangen, die der zerstörenden Wirkung der Schmelzprodukte am meisten ausgesetzten Teile der Schachtmauern durch doppelwandige, mit Wasser kühlbare Eisenblechkörper „Wassermäntel“ zu ersetzen, deren Höhe man in der Neuzeit auf etwa ein Drittel des ganzen Ofenschachtes ausgedehnt hat. Die Verbesserungen im Röstbetriebe haben auch die Lösung der Rauchschaadenfrage der Bleihüttenwerke wesentlich erleichtert. Wo nicht der Boden der Umgebung seit Jahrhunderten vergiftet ist, wird man in Zukunft auch in der Umgebung der Bleihütten wieder Vegetation aufkommen sehen. Was aber am wichtigsten ist, die furchtbare Bleikrankheit, unter der die Hüttenarbeiter so lange und schwer gelitten haben, ist erheblich zurückgegangen und wird auch weiter mit Erfolg bekämpft durch die tatkräftigen Bestrebungen W. Mertons (Frankfurt) zur Verbesserung des Gesundheitszustandes der Hüttenarbeiter. Die deutsche Produktion an Blei hat sich in den letzten 25 Jahren wenig verändert; sie belief sich 1912 auf 165 000 Tonnen, das sind 14% der Weltproduktion. Seit 4 Jahren hat Deutschland den dritten Platz als Bleiproduzent inne.

Text 12. Kupfer

Die Kupferhochöfen, welche die meist sehr armen Erze (2–8% Kupfer) zunächst auf ein kupferreicheres Mittelprodukt, den Kupferrohstein, verschmelzen, haben beinahe dieselbe Wandlung durchgemacht, wie die Eisenhochöfen. Das Rauhgemäuer fiel weg, man

baute die Öfen freistehend und verwendete oft nur einen mit Wasser gekühlten Eisenmantel als Ofenschacht. Die Trennung der im Ofen erschmolzenen Massen, Schlacken und Kupfersteine geschieht heute meist auf fahrbar eingerichteten Vorherden. In Mansfeld wird der Wind neuerdings in steinernen Winderhitzern vorgewärmt und die Gichtgase in Gaskraftmaschinen ausgenutzt, während die Schlacke durch langsames Tempern zu Pflastersteinen verarbeitet wird. Auch durch Verbesserung der Röstöfen für die Kupfererze und den Kupferstein wurde eine wesentliche Vervollkommnung der Röstung und der Verwertung der Röstgase auf Schwefelsäure erzielt. Der Kupferrohstein wird auf deutschen Hütten nur durch nochmaliges Rösten und Schmelzen so weit angereichert, dass er dann endlich auf metallisches Rohkupfer verschmolzen werden kann. Das diese Arbeiten vereinigende, wesentlich einfachere und schnellere Verfahren des Verblasens (Kupferbessemerns) des Kupferrohsteines bis auf Rohmetall hat in Deutschland keinen Eingang gefunden, weil die schwefligen Säuregase des Konverterbetriebes bisher weder unschädlich noch nutzbar gemacht werden konnten. Edelmetallfreies Rohkupfer raffiniert man durch Verschmelzen in Flammöfen; zur Scheidung edelmetallhaltigen Kupfers wendet man neuerdings allgemein die elektrolytische Trennungsmethode an. Die Versuche, die Elektrolyse in einem früheren Stadium der Kupferhüttenprozesse anzuwenden, haben in Mansfeld nach dem Verfahren von Borchers, Franke und Günther Erfolge gehabt. Es wird hierbei ein Kupferstein in Konzentration von 72% aufwärts der Elektrolyse unterworfen. Die Produktion an Kupfer belief sich in Deutschland im Jahre 1887 auf 20 192 Tonnen. Sie zeigt langsam steigende Tendenz und erreichte im Jahre 1912 die Zahl von 24 300 Tonnen, wovon Mansfeld allein 20 500 Tonnen lieferte. Der Anteil an der Welterzeugung ist dagegen infolge der ganz enormen Produktionssteigerung Nordamerikas und der Kupfererzarmut Deutschlands wesentlich zurückgegangen.

Text 14. Zinn

Die Zinnproduktion Deutschlands betrug im Jahre 1887 nur 66 Tonnen. Sie stieg infolge der Errichtung einer Zinnhütte in Tostedt an der

Bahn Bremen–Hamburg, welche bolivianische Erze verarbeitet, im Jahre 1900 bereits auf ca. 2000 Tonnen, um nach Errichtung weiterer Zinnhütten in Essen und bei Hamburg im Jahre 1912 die Zahl von 12 500 Tonnen (10% der Weltproduktion) zu erreichen. In Deutschland werden ferner jährlich etwa 80 000 Tonnen Weißblechabfälle, hauptsächlich nach mehreren teils elektrochemischen (Goldschmidt-Essen), teils rein chemischen Verfahren (Brandenburg-Kempen) entzint und zum Teil auf metallisches Zinn, [535] zum Teil unmittelbar auf Zinnverbindungen und reines im Eisenhüttenbetriebe wieder verwendbares Abfalleisen verarbeitet.

Text 15. Nickel

Die deutschen Nickelhütten sind für die Hauptmengen ihres Erzbedarfs auf das Ausland, besonders auf Französisch-Neukaledonien angewiesen, trotzdem im Schwarzwalde, in Sohland (Sachsen) und an der schlesisch-böhmischen Grenze beachtenswerte, wenn auch nickelärmere Erze liegen, deren nutzbringende Verhüttung auf elektrometallurgischem Wege mit den heutigen Hilfsmitteln sehr wohl möglich ist. Mit Rücksicht auf die steigende Bedeutung des Nickels für die Eisenindustrie wäre eine Inangriffnahme dieser Vorkommen dringend erwünscht. Die Reinheit des Metalls hat sich durch die Verbesserung der Hüttenprozesse wesentlich gesteigert. Ältere Sorten Handelsnickel haben oft nur 85% Nickel, während das heute erzeugte Handelsnickel meist bis zu 99,8% reines Metall enthält. Im Jahre 1887 wurden 711 Tonnen Nickel in Deutschland hergestellt. Die Produktion belief sich im Jahre 1912 auf etwa 5000 Tonnen.

Text 16. Silber und Gold

Deutschland betreibt die Verhüttung silberhaltiger Erze in ziemlich ausgedehntem Maße. Die meisten der deutschen Bleierze, auch die größten deutschen Kupfererzlagertstätten (Mansfeld und Harz) führen beachtenswerte Mengen von Silber. Um die Gewinnung des Silbers aus den deutschen Bleierzen lohnender zu machen, kaufen die deutschen Bleihütten erhebliche Mengen ausländischer Silbererze auf oder verhütten dieselben gegen Schmelz- und Scheidelohn, da das bei der Verarbeitung der Bleierze ausschmelzende Blei im flüssigen Zustande ein

vorzügliches Lösungsmittel für Silber ist und ein leichtes Ausbringen des Silbers aus dem Werkblei (Rohblei) gestattet. Der Silbergehalt der Mansfelder Kupferschiefer trägt wesentlich dazu bei, dass die Verhüttung dieser nur 2% Kupfer enthaltenden Erze auch zu schlechten Zeiten lohnend bleibt. Unter den silbererzeugenden Ländern steht im Jahre 1912 Deutschland mit 500 000 kg an fünfter Stelle, 1887 lieferte es 367 634 kg. Die in Deutschland hergestellten Goldmengen haben sich in den letzten 25 Jahren wenig verändert. Sie entstammen zum Teil den deutschen, besonders den Harzer Kupfererzen, zum Teil den oben erwähnten ausländischen goldführenden Silbererzen. Die Produktion beläuft sich in dieser Zeit jährlich durchschnittlich auf etwa 3000 kg, die gegenüber der gesamten Weltproduktion nicht in Betracht kommen. Zur Scheidung platinhaltigen Goldes verwendet man seit 1896 in der norddeutschen Affinerie in Hamburg und in der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt das von dem verstorbenen Dr. E. Wohlwill ausgearbeitete elektrolytische Verfahren. [https://de.wikipedia.org/wiki/Metallurgie#Pyrometallurgie]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. E. Hornbogen, G. Eggeler, E. Werner. Werkstoffe. Aufbau und Eigenschaften von Keramik-, Metall-, Polymer- und Verbundwerkstoffen. 12. Auflage. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg 547 S.

2.[Электронный ресурс]. <https://de.wikipedia.org/wiki/Metallurgie#Pyrometallurgie>

3.[Электронный ресурс]. https://www.modulor.de/werkstoffbibliothek/metall/?__cf_chl_jschl_tk__=4d457ad5e9ffc61f19cc0952fec0897a27114b76-1611750266-0-AXqcZuNZcYscqjgEdW2CixUi8t3mI-DjCQk3QIYMHUgjtGuTGdNmIX_qAsOTAahrALVbMNSevShs2j0EcTgCiYuH_e8i15AMHRs3ki8E1H7X3jq7xuTNvnY8oRdX9iszEMOvjJPthMTojHroYah31Bha2zKBQvzdNZN0pnGIneNy4ctxGKbnlMTypEs-nrn-UQxhw68mZrIKGq-4EGlOyZ6YV2r6oZgwJlxbKHviQWow4TPRlmvS8Srpi6HPnu3FIE-_h3jAdGdyb4b9mR5mbQQ4Nft9tfGOuHGfPgMJ6YJNJ_FaEBWASRI11m-vmVLDXV37iY6eaTwe-5fH4cV33c/

4. [Электронный ресурс].
<https://de.wikipedia.org/wiki/Aluminiumlegierung>

5. Н.Н. Emons. Lehrbuch der technischen Chemie, 1. Auflage. Leipzig, 1974. 428 S.

**ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК
МЕТАЛЛУРГИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ
DEUTSCH. NICHTEISENMETALLURGIE**

*Методические указания к самостоятельным работам
для студентов бакалавриата направления 22.03.02*

Сост.: *М.В. Гончарова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
иностранных языков

Ответственный за выпуск *М.В. Гончарова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 08.02.2023. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отт. 2,2. Уч.-изд.л. 1,9. Тираж 50 экз. Заказ 96.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2