

(No.3 2001年11月1日号目次)

特集：ロシア極東コムソモリスク・ナ・アムールにおける 技術開発研究 その3

今号では、コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場、国立ハバロフスク工科大学ならびにロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所における技術開発研究をご紹介します。

II. 技術文献

コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場

- ⑮引っ張り力の加わった板の曲げ、剛塑性体モデル..... 1
Merkulov V.I., Khromov A.I., Zhigalkin K.A.
- ⑯アルミダイカストの鋳造時の特徴..... 2
Yakimov A.V., Muravyov V.I., Yakimov V.I.
- ⑰板状のワークの新しい曲げ加工法..... 3
Merkulov V.I., Melnikov E.N., Makarov K.A.
- ⑱シナジー性の向上 — 技術系発展の基本法則..... 4
Merkulov V.I., Dolotov B.I., Kuzmin V.F., Marjin B.N.
- ⑲型鋼の部品加工に利用されるレーザー局部焼鈍..... 5
Pekarsh A.I., Marjin B.N., Makarov K.A.
- ⑳パイプ形状のワークを変形させるための新しいタイプの装置..... 6
Marjin S.B.

国立ハバロフスク工科大学

- 21エポキシ樹脂の特性に対するその製造技術と構造の影響..... 7
Philippova G.A.
- 22白銑の耐食性および耐熱性に対する合金元素の組み合わせの影響..... 10
Ri E.H., Ri Hosen, Brichenok A.S.
- 23複合金化によって得られた特殊用途ねずみ鋳鉄の化学組成の最適化..... 12
Ri E.H.
- 24タングステン鉍石を用いた電気スラグ精錬の物理・化学プロセスの諸相..... 14

Butukhanov V.L., Khromtsova E.V., Ri Khosen	
25減摩性と自己潤滑性を有する織布強化ポリマー材料の開発と研究.....	16
Yankovets Zh.Ya.	
26金属熱処理効果の非破壊検査および予測.....	18
Belykh V.V., Ri Khosen	
27液状および固体状の鋳鉄中の合金元素が金属の特性に与える影響.....	20
Ri E.Kh.	
28液状および固体状のアルミニウム合金の特性について.....	22
Ri Khosen, Voitov V.Kh., Kharitonov O.V.	
ロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所	
29航空機メインフレームのつなぎ板の製造装置.....	23
Merkulov V.I., Odinkov V.I., Lovizin N.S.	
30航空機メインフレームの製造.....	25
Merkulov V.I., Odinkov V.I., Lovizin N.S.	
31チタン合金VT-20の表面処理のための電気火花合金化技術.....	27
Nikolenko S.V., Verokhoturov A.D., Kovalenko S.V.	
32電気火花合金化処理(ESA)の被膜厚を保証するための工程条件.....	31
Mulin Yu.I., Klimova L.A., Dmitriev D.A	

引っ張り力の加わった板の曲げ、剛塑性体モデル

Merkulov V.I., Khromov A.I., Zhigalkin K.A.

(コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

板状のワークの引っ張り力による曲げ過程の数学モデルにおける変形場の研究。数学モデルには理想的な塑性体を採用。板の曲げモデルは以下の仮定を前提としている：板の両端には引っ張り力のみが作用しており、曲げモーメントは働いていない。引っ張り力のベクトルは、力のかかり始めから曲げの全過程を通じて板面の辺の向きと同じ方向に作用し、向きを変えることはない。剛性体と見なされた板端の回転を許容する変形速度場が考察されている。

短評（英文）：

CURVING OF A LEAF WITH A TENSION. RIGIDLY-PLASTIC MODEL.

Merkulov V.I., Makarov K.A., Khromov A.I., Zhigalkin K.A.

The field of strains in mathematical model of process of curving of leaf preform by a tension is examined. The theory ideally of plastic body is put in a basis of mathematical model. The model of curving of a leaf is under construction in the following conjectures: on the ends of a strip is present only stretching gain and there are flexings the moments. The vector of stretching gain is guided to an initial instant along the boundary of a strip and during all process of a tension does not change the direction. The field of velocities of strains supposing gyration of the ends of a strip, as rigid whole is examined.

アルミダイカストの鑄造時の特徴

A.V. Yakimov, V.I. Muravyov, V.I. Yakimov

(コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

様々な研究の結果、薄物金型鑄造の欠陥の主要な原因は酸化介在物であることがわかった。「二次」酸化物の発生と二次酸化物の鑄物製品への混入を防止するために、金型への流し込み過程を不活性ガス雰囲気中で行う装置が開発された。不活性ガスにはアルゴンが使われた。ガスの圧力と流量の調節はレデューサーを使って行った。

短評（英文）：

FEATURES OF OBTAINING OF PRESSURIZED ALUMINIUM CASTINGS AT A CASTING IN IRON MOULD

A.V. Yakimov, V.I. Muravyov, V.I. Yakimov

Komsomolsk-on-Amur aviation production association

By numerous researches is established, that the main reason of a reject thin-wall casting in iron mould are the oxide inclusions. For exception of derivation of «secondary» oxides and hit them in casting the device for realization of process of a filling up of iron mould in the inert environment is designed. As protective gas the gaseous argon was used. The regulation of pressure and gas flow rate implemented through the reduction gearbox.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東貿に御照会ください。

板状のワークの新しい曲げ加工法

V.I. Merkulov, E.N. Melnikov, K.A. Makarov

(コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

現代の航空機的设计では、薄板を金型プレスで曲げ加工した比較的外寸の小さい部品が数多く使用されている。この論文では、薄板の熱間曲げ加工にパンチを使用し、新しい方法で薄板を曲げることで、こうした製品の品質を改善し、製造コストを下げるやり方を紹介している。

短評（英文）：

THE PERSPECTIVE SCHEMES ARE FLEXIBLE OF SHEET BARS

V.I. Merkulov, E.N. Melnikov, K.A. Makarov

Komsomolsk-on-Amur aviation production association

In a design of a modern airplane the lump of details concerning small overall dimensions produced of flexible sheet bars in a title block will be used. In the article the perspective engineering solutions permitting to improve the quality of such details and to lower their cost price at the expense of usage of a punch for hot-forming of a sheet material and a new way are adduced are flexible of a sheet material.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東貿に御照会ください。

シナジー性の向上 - 技術系発展の基本法則

V.I. Merkulov, B.I. Dolotov, V.F. Kuzmin, B.N. Marjin

(コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

TRIZ (発明問題解決の理論)の登場に伴い、技術系の発展は客観的に存在する法則に従うということが明らかにされた。われわれの見解では、これら既存の法則にさらにもうひとつの法則を付け加えることができる。この法則はグローバルに存在し、技術系を含め、あらゆる系に適用される。それは、系のシナジー性向上の法則である。「シナジー性」とは、系が増大するエネルギーと情報の流れを知覚し、処理し、新たな構造を生み出し、制御されうるものになる能力をいう。

短評 (英文)：

INCREASE OF SYNERGETIC - BASIC LAW DEVELOPMENT OF TECHNICAL SYSTEMS

V.I. Merkulov, B.I. Dolotov, V.F. Kuzmin, B.N. Marjin

Komsomolsk-on-Amur aviation production association

With occurrence of the theory of the solutions of inventor's problems was rotined, that the technical systems develop under the is objective present laws. On our view these laws can be supplemented by one more, which one acts in global scales for any systems, including technical. It is the law of increase of synergetic of systems. The term "synergetic " means ability of a system to perception and processing of an increasing energy and information highway, to derivation of new structures, to a controllability.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東賢に御照会ください。

型鋼の部品加工に利用されるレーザー局部焼鈍

A.I. Pekarsh, B.N. Marjin, K.A. Makarov

(コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

いくつかの合金についてレーザーにより表面処理を行うと、焼鈍された部分ができる。レーザー焼鈍を行うと、同じ機械的性質をもった部分が必要に応じて配置されたワークを得ることができる。局部焼鈍を施した部分は、レーザー処理されていない部分と比較してより良好な可塑性を持たせることができる。レーザー局部焼鈍は、板金プレス加工の様々な局面で用いることが可能である。

短評（短評）：

USAGE OF A LOCAL LASER ANNEALING AT MANUFACTURING OF DETAILS FROM PROFILES

A.I. Pekarsh, B.N. Marjin, K.A. Makarov

Komsomolsk-on-Amur aviation production association

At surfacing some metal alloys the laser beam happens a zone annealing. The laser annealing allows to receive bars with indispensable distribution of mechanical properties. The zone which has exposed to a zone annealing, will have the best plastic properties as contrasted to by raw beam by a part of a detail. Usage of a local laser annealing is possible for different operations of a sheet extrusion.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東貿に御照会ください。

パイプ形状のワークを変形させるための新しいタイプの装置

S.B. Marjin (コムソモリスク・ナ・アムール航空機工場)

短評：

弾性を帯びた媒体を使ってパイプ状のワークを絞り加工する装置が新たに開発された。この装置が採用しているデザインにより、ワークの壁面に圧力が悪い影響を与えるのを防ぎ、ワークの変形させたい部分に直接力を加えることで、ワークの変形部の物質の動きをより正確にコントロールすることができる。

短評（英文）：

THE NEW DEVICE FOR DEFORMATION TUBULAR BARS

S.B. Marjin

Komsomolsk-on-Amur aviation production association

The new device for an extrusion of tubular bars by the elastic environment is designed. The tendered solution allows to avoid negative effect of pressure on walls of bar and to make endeavors directly in a zone of deformation of bar, thereby to improve submission of a material in a zone of deformation of bar.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東貿に御照会ください。

21 エポキシフッ素樹脂の特性に対するその製造技術と構造の影響

Philippova G.A.(ハバロフスク工科大学)

要点：

現在使用されている機械、機構、設備の多くは、その摺動部分の耐磨耗性が低いことにより、十分な寿命を発揮することができていない。摺動部分の信頼性の向上—これは材料学にとって解決すべき緊要な問題である。この問題を解決する方向のうちの一つがエポキシ樹脂、フェノールフォルムアルデヒド樹脂、フッ素樹脂からなるポリマー複合材料の利用・改良であり、その組成と構造の最適化により耐熱性、耐磨耗性その他の技術特性を向上させた新しい複合材料の合成である。

この目的で開発されたのが、まったく新しい特性を有する複合材料である EFLONG および FELON の製造工程[1,2]である。

-EFLONG (MAS-1, MAS-2, MAS-2M)は、エポキシフッ素樹脂、黒鉛、ガラス繊維片からなり、潤滑材なしで、または水中、あるいは 100MPa までの圧力下で用いることのできる複合材料である。

-FELON (FEF-1, FEF-2)は、フッ素樹脂 4D、黒鉛および熱硬化性樹脂（エポキシ樹脂、フェノールフォルムアルデヒド樹脂）の懸濁物からなる複合材料であり、温度 200、圧力 40MPa、摺動速度 4 m/sec までの各条件下で潤滑材を用いることなく低摩擦係数 $f=0.05-0.12$ を実現し、また侵食性雰囲気中でも用いることができるものである。

これらポリマー複合材料の構造研究には赤外線スペクトル、X 線構造分析、走査電子顕微鏡観察が用いられた。複合材料のエポキシグループポリマー含有量および硬化特性の測定結果を示す。

次にこれら複合材料の構造がその摩擦技術特性、物理機械特性、物理化学特性、熱特性に与える影響についての調査が行われた。これは本稿の主目的であった。この結果 FELON は耐磨耗性、耐熱性、吸水性は優れているが、機械特性は不十分なことが明らかとなった[3]。

EFLONG および FELON の生産応用試験も行われ、その結果に基づき、これらポリマー材料を軸受、プッシュ、プレートなど摺動部品の製造に利用するための広範なる計画が実現に向けて提案されている。

参考文献

1. パテント No.2080337 耐蝕材料
2. FELON とベアリング製造の実験的技術
3. 摺動部品用新複合材料の特性調査

要点 (英文) :

THE INFLUENCE OF MANUFACTURING METHODS ON THE STRUCTURE OF EPOXYFLUOROPLASTIC MATERIALS PROPERTIES

G. A. Philippova

Khabarovsk State University of Technology, Russia

At present a lot of mechanisms and machinery equipment operation resources are limited by low wear resistance of the friction units. The modification of friction units reliability is the actual scientific and technical problem for materials study. One of the ways of its solving is the utilization and modification of polymeric compositional materials (PCM) on the base of epoxy (ED-20), phenol-formaldehyde (FFR) resins, polytetrafluorethylene (F-4) and suspension PTFE-polymer (F-4D), as well as the optimization of its compositions and properties for synthesis of new polymeric materials with increased wear resistance and with high antifrictional and technological characteristics.

Technological processes to receive the polymeric EFLONG - and FELON – materials [1,2] with new complex properties have been developed:

- EFLONG (MAS-1, MAS-2, MAS-2M)- are materials developed on the base of epoxyfluoroplastic, graphit and minced glass fiber to be used without lubrication, in water, at the high pressure up to 100 MPa;
- FELON (FEF-1, FEF-2) – are materials developed on the base of F-4D suspension, graphit and thermosetting ED-20, FFR cost resins to be used up to 200 °C, with pressure up to 40 MPa, at speed up to 4 m/s without lubrication, with low friction coefficient ($f=0,05-0,12$), in corrosive atmosphere.

Infrared spectroscopy, X – ray analysis, rastered electromicroscopy have been used to study the polymers structure. The results of the epoxy groups substance determination in investigated materials and the peculiarities of its hardening have been presented.

PCM structure influence on its tribotechnical, physico-mechanical, physico-chemical and thermal properties have been investigated. It was proved that FELON possesses wear and heat resistance, high water absorption, whereas the lower mechanical properties.

The EFLONG and FELON materials have been tested in production. On the base of test results the extensive program of polymeric bearings, bushings, shells, wearing plates and other goods for friction units have been proposed for realization.

References

1. V. A. Ivanov, G. A. Philippova. Patent 2080337 RF, MCI C 08 J 5/16, C 08 L 27/18. Antifrictional composition.
2. V. A. Ivanov, G. A. Philippova. FELON and Experimental Technology of Making Bearings // The Actual Problems of the Scientific and Technological Progress of the Far Eastern Region: The Materials of the Third Russian-China Symposium. September 17-21. Khabarovsk: Khabar. St. Univ. of Techn. 1993. P. 83-86.
3. V. A. Ivanov, G. A. Philippova, J. N. Yankovetc. Properties Investigation of New Composition Material for Friction Units // The 5 International Symposium “The Actual Problems of the Scientific and Technological Progress of the Far Eastern Region”. Khabarovsk, 1997. P. 133-137.

22 白鉄の耐食性および耐熱性に対する合金元素の組み合わせの影響

Ri E.H., Ri Hosen, Brichenok A.S. (ハバロフスク工科大学)

要点：

本調査は、合金元素の組み合わせ (W-Cr; W-Mn-Si; Cr-Mn-Si) が白鉄 (組成: C 2.9-3.1; Si 1.2-1.2; Mn 0.3-0.4; S 0.05; P 0.12 重量%) の特性に与える影響を調べたものである。

クロム鉄中にタングステン (2.5-5 重量%) が介在する場合、タングステン含有量を増やした場合の侵食 (38%塩酸溶液によるものとする) 速度はクロム含有量を低下させた場合のレベルに近づく。

クロムタングステン鉄 (W 2.5-5; Cr 2.5-5 重量%) では、侵食速度はカーバイド粒子の大きさに反比例することが観察されているが、W7.5-10 重量%となると、両者は比例するようになる。

タングステン鉄 (2.5-10 重量%) に加える Mn および Si の量を増やしていくと侵食速度は減少する。

Mn (10-15 重量%) および Si (2.5-4.5 重量%) の含有量が増えると、5-15 重量%のクロム鉄では侵食速度が大きくなるが、クロムが 20 重量%を超える倍には、Mn および Si 含有量の増加に応じて侵食速度は小さくなる。耐食性の最も高い鉄組成は Cr 20; Mn 10-15; Si 2.5-4.5 重量%または Cr 10; W 2.5-5 重量%である。

鉄中にタングステンが存在する (2.5-5.0 重量%) と、クロムの含有量 (5-15 重量%) を上げて酸化速度 (7.2-11.3g/m-h) を低減させることはできないが、Cr 8.5 重量%、酸化速度 20.7g/m-h のクロムマンガン鉄においてはマンガン含有量 (5-15 重量%) を向上させると酸化が一定程度減速する (0.45-10.2g/m-h)。

耐熱性が最大となるクロム鉄の組成は Cr 15-19 重量%である (0.73g/m-h)。

要点 (英文)：

Combined effect of alloying elements on corrosion resistance and heat resistance of white cast iron

Ri E. H., Ri Hosen, A. S. Brichenok

The effect of alloyed elements on special white cast iron properties (on mass %: 2,9...3,1 C; 1,2...1,2 Si; 0,3...0,4 Mn; 0,05 S; 0,1...0,12 P) is studied. With the presence of tungsten (2.5...5 mass%) concentration dependence of corrosion speed (solution of 38% HCl) chromic cast irons is displaced to less side chromic concentration. The opposite correlation between corrosion speed and

dimension of carbide particles is observed in chromtungstening cast irons (2,5...5 mass% W; 2,5...5 mass% Cr) but with 7,5...10 mass % W in cast iron is straight connection. The corrosion speed is decreased when alloying tungsten cast iron (2,5...10 mass %) with increasing quantities Mn and Si.

In chromic cast irons (5...15 mass %) increasing Mn (10...15 mass %) and Si (2,5...4,5) promotes to the speed corrosion growth. Only with a great deal of chrome content (>20 mass %) increasing concentration Mn and Si decreases corrosion speed. Compounds cast iron on mass % 20...5 W are more corrosion resistant

With W (2,5...5,0 mass%) in cast iron increasing concentration Cr (5...15 mass%) doesn't result in reducing oxidization speed (7,2...11,3 g/m-h).

In chromomanganous cast irons with 8,5 mass % Cr (20,7 g/m-h) manganese increasing (5...15 mass %) reduces oxidization speed.

The chromic cast irons containing 15...19 mass % have the best heat resistance.

23 複合金化によって得られた特殊用途ねずみ鉄の化学組成の最適化

Ri E.H. (ハバロフスク工科大学)

要点：

鉄の単要素試験を行ったが、その結果、鉄の機械特性、気密性(G)、すべり摩擦条件下での耐摩耗性()を向上させる上で最適の各合金元素含有量を確定し、更に、数学的実験計画(Experiment Design)法による化学組成の最適化に一步近づくことができた。

相関性分析の結果、最適化変数としては、相関数の最も大きい強度 σ_B 、気密性Qまたは溶湯密度(d)を採用すべきであることが明らかとなった。主な実験要素として選定されたのは、Al (X₁), Ni(X₂), Cr(X₃), Mo(X₄), Cu(X₅), Sb(X₆), V(X₇), Ti(X₈), Bi(X₉), Sn(X₁₀)の各元素である。実験計画の作業は、ランダムバランス法によるスクリーニング、および完全要素(Whole Factorial)法または分数レプリカ(Fractional Replication)法による段階的実験の二段階に分けて行い、11種類の各要素の影響と、55通りの二要素組み合わせによる相互作用による影響とを分析した。

同一回帰等式にかかわる各係数(adequate regressive equation coefficient)を分析したところ、 σ_B に対する影響について見ると、実験要素である各元素は、Ni→Cr→Mo→Cu→V→Ti→Al 以下の順(降順)となる。調査研究の結果、反応表面(Yield Surface)のコード化数学モデルを得ることができ、また、異種合金元素を配合したねずみ鉄の最適化学組成5種(Ni 0.3-1.9; Al 0-0.6; Mo 0.3-1.35; Cu 1.0-1.5; Cr 0.3-0.4; V 0.2-0.5; Sn 0.06-0.2 重量%)を提案するに至った。これら組成は、高水準の特性(強度 $\sigma_B > 320\text{MPa}$ 、硬度 200-250HB、相対気密性 60-70kg/cm²-mm²、密度 6.8-6.9g/cm³ 20)を有し、船舶用機械設備の材料となる水密性鉄を製造するためのものである。

直線性等式に関わる重要性の低い各係数を自動スクリーニングで除いてコード化モデルを得、鉄 ASCh-1(磨耗度 0.0088mm、硬度 140HB)を凌ぐ耐摩耗性(磨耗度 0.003-0.0032mm、硬度 240-270HB)を有する鉄組成2種(Ni 0.7-1.9; Cr 0-0.2; Cu 2.0-3.2; Al 0-0.25; Mo 0.1-0.7; V 0.4-0.6; Sb 0-0.15 重量%)を得た。これら鉄は、クロム含有量が小さい(0.1-0.2 重量%)ため、セメントカーバイドを形成せず、バナジウムカーバイドもコンパクトな形状のものであるので、高硬度であるにもかかわらず、切削加工にもよく馴染み、ディーゼル機関車の部品(油圧クラッチ用ポンプ部品)製造に用いられた例もある。

要点：

Optimization of chemical compound complex
– alloyed special purpose gray cast irons
Ri E. H.

The results of one – factoring experiments allowed install optimal content of separate elements for increase mechanical properties, tightness (G) and cast iron wear – resistance (δ) in the sliding friction condition and to approach to optimization its chemical compound by the method of experiments mathematical planning.

According to the correlation analysis is optimization parameters are σ_B , Q or melt density (d) having more number of correlation connections. The elements Al(X_1), Ni (X_2), Cr (X_3), Mo (X_4), Cu (X_5), Sb (X_6), V (X_7), Ti (X_8), Bi (X_9), Sn (X_{10}) were chosen as base factors.

The aim of planning experiment is divided into two stages: carrying out sifting experiment by means of random balance and step-by-step fulfillment of experiments either along complete factor plans or fractional replica. The effect of 11 factors and their 55 pair interactions were analyzed.

The analysis adequate regressive equation coefficient showed, that one can position alloyed elements effect into diminishing order with respect to influence degree. As a result of investigation carried out a mathematical model of surface reaction in a code was obtained, five optimal compound of complex – alloying gray cast irons (on mass. %: 0,3...1,9 Ni; 0...0,6 Al; 0,3...1,35 Mo; 1,0...1,5 Cu; 0,3...0,4 Cr; 0,2...0,5 V; 0,06...0,2 Sn) were offered to get hydrotightness cast of marine engines and aggregates possessing high strength values ($\sigma_B > 320$ MPa, 200...250HB), relative tightness (60...70 kg/cm²-mm²) and density up to 20 °C (6,8...6,9 g/cm³).

Model in code scale was obtained after automatic sifting of linear equation insignificant coefficients and two cast iron compound (on mass. %: 0,7...1,9 Ni; 0...0,2 Cr; 2,0...3,2 Cu; 0...0,25 Al; 0,1...0,7 Mo; 0,4...0,6 V; 0...0,15 Sb) possessing more high wear resistance (wear 0,003...0,0032 mm, 240...270 HB) than ASCh- 1 cast iron (wear 0,0088 mm, 140 HB) were offered. In spite of high hardness value cast irons were treated by cutting, the commentate type of carbides aren't formed because of few chrome content (0,1...0,2 mass. %) the carbide vanadium had compact form. The given cast irons used machine diesels locomotive items.

24 タングステン鉱石を用いた電気スラグ精錬の物理・化学プロセスの諸相 *Butukhanov V.L., Khromtsova E.V., Ri Khosen* (ハバロフスク工科大学)

要点：

タングステン鋼を製造するにあたり、ワイヤ材 Sv08G2S を材料とし、タングステン約 43%と炭素を含む灰重石精鉱 (Sheelite Concentrate) をタングステン酸カルシウムのカーバイド還元用フラックスとして用いて電気スラグ法による精錬を行い、タングステン精鉱からのタングステン抽出量の向上を目指した。

精錬品とスラグの主な特性については、示差熱分析、X線蛍光分析、スペクトル分析など各種物理化学分析によって調査した。

調査研究の過程で、タングステン酸カルシウムと炭素を含む灰重石精鉱をフラックスとして使用した場合、精錬金属中で次のプロセスが生起することがわかった。鉄が鉄に変遷 (740) する；セメントイトが形成される；フラックス中の灰重石の炭素熱還元によってタングステンが抽出され拡散する；セメントイトがタングステンによって飽和され、混合カーバイド Fe_3W_3C が形成されることによって崩壊する。

参考文献

1. 極東の鉱物資源の合理的利用
2. エレクトロスラグプロセスの冶金学
3. 構造物用スチールにおける変性カーバイド

要点 (英文)：

SOME ASPECTS OF PHYSICOCHEMICAL PROCESSES OF ELECTROSLAG WITH THE USE OF WOLFRAM MINERAL RAW MATERIAL

V. L. Butukhanov, E.V. Khromtsova, Khosen Ri
Khabarovsk State University of Technology, Russia

To receive steel, alloyed by wolfram, with the purpose of increase its extraction from six scheelite of a concentrate was applied the technological process of electroslag remelting of Sv08G2S wire, where as a component flux the concentrate containing approximately 43 % wolfram and carbon, necessary for carbide of reduction tungstate calcium was used.

The basic remelting and slag characteristics were investigated with the application of numbers of methods of the physicochemical analysis: DTA, X-ray analys, spectral analys.

During the researches there carried out it was established, that during usage as a flux scheelite of a concentrate component containing tungstate calcium, and carbon in remelting the following processes are observed: the transition of γ -iron in α -iron (at 740 °C), cementite formation, wolfram diffusion, received by carbothermal restoration of scheelite in flux, wolfram saturation by cementite and destruction of the last one by mixed carbide $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ formation.

The remelting with 9 % tungstan was received.

References

1. Rational Use of Mineral Raw Material of Far East // V. L. Butukhanov and others. Vladivostok. 1999. 82 p.
2. Metallurgy of Electroslag Process // Under edition of B.E. Patona, B.I. Medovara. –Kiev: Scientific Idea. 1986. 248 p.
3. B.B. Vinokur. Carbide of Transformation in Structural Steel. -Kiev: Scientific Idea. 1988. 240 p.

25 減摩性と自己潤滑性を有する織布強化ポリマー材料の開発と研究
Yankovets Zh. Ya. (ハバロフスク工科大学)

要点：

機械製作の分野において近年焦眉の課題となっているのが、減摩性・自己潤滑性を有し、そのため高負荷条件下で稼動する摺動部品の材料として用いることのできる、安価なポリマーベース複合材料の開発である。

研究の結果、各種機械・機構の摺動部品用に、その外部被覆としてだけでなく、構造材料自体として用いることができる、織布（木綿、カプロン、ガラス布）強化エポキシッド・グラファイト・フッ素樹脂（EFLAST）が数種開発された。

これら各種の EFLAST のうち、摩擦係数と磨耗量が最も低いのは、カプロン織布を強化材として用いたものであることが明らかとなっている。強度、密度、吸水性の点で最も優れているのは、ガラス織布で強化した EFLAST である。また EFLAST の最高使用温度は 280 である。

EFLAST の性能を効果的に向上させるに必要な熱処理条件についても研究が行われ、最適温度は 120-140 、時間は 1 時間、徐熱から開始して 2 /分の割合で昇温し、処理後はピンホール、内部クラックが発生しないように徐冷する。

EFLAST から製品を製造するための最適加工条件も明らかとなっている。これによれば、成型圧力は 20MPa、温度は 40-50 である。EFLAST は、ガラス織布で 5 層強化した場合と、木綿およびカプロン織布で 10 層強化した場合にその性能が最高となる。

要点（英文）：

THE PRODUCTION AND INVESTIGATION OF ANTIFRICTIONAL SELF – LUBRICATIONAL POLYMERIC MATERIALS REINFORCED BY FABRIC

J. N. Yankovets

Khabarovsk State University of Technology, Russia

The problem of production of competed antifrictional self-lubricational polymeric compositional materials (PCM) for high loading friction units has acquired the particular actuality in mechanical engineering during last years.

The new epoxidographitofluoroplastic materials (EFLAST) reinforced by fabric of different nature (such as glass fabric, cotton and synthetic kapron fabric) have been received. This materials are used not only as the covering for friction units but also as independent durable constructional material.

Our investigation showed that EFLAST materials reinforced by kapron fabric have the least friction coefficient and the greatest wear resistance, due to kapron fabric antifrictional properties. The PCM on the bases of glass fabric possesses the greatest strength, density, hardness and the least water adsorption. The upper limit of exploitive temperatures range is 280 °C.

We defined the conditions of thermal processing of compositional materials, reinforced by fabric which ensure the effective improvement of their exploitive properties; thermal processing of PCM should be done at 120-140 °C during an hour beginning with slow heating and finishing by gradual cooling to avoid swelling and inside cracks.

The practical importance of investigations lies in the technological conditions, which were determined to produce goods from the tested compositional materials with the given properties by full factorial experiment method: the specific pressure of pressing must be 20 MPa and the temperature of pressing is 40-50 °C. EFLAST materials have the optimal exploitive properties in the case when they are reinforced by 5 layers of glass fabric and 10 layers of cotton and kapron fabrics. We proposed production method of reinforced compositional goods and also equipments for its reatization [1]. This method includes winding with pressing conic stripper punch and winding with pressing of radial and axial direction.

References

1. Patent 2135360 RF, MCI⁶ B 29 C 53/60 F 16 C 33/14. The method of antifrictional lining production / V. A. Ivanov, S. P. Zaharychev, J.N. Yankovets.

26 金属熱処理効果の非破壊検査および予測
Belykh V. V., Ri Khosen (ハバロフスク工科大学)

短評：

本稿では、焼き入れを施した鋼を焼き戻しすることによって一連の機械特性を向上させるという課題が、金属構造のフラクタル寸法指標を用いて効果的に解決されている。

鋼材 40Kh および 40KhN につき、フラクタル指標および焼き戻し温度の閾値が算定された。これらの値は、構造変遷プロセスと順序パラメータ（比抵抗および熱起電力）を左右し、焼き戻しによるシナジー効果の実現条件と金属構造の自己最適化プロセスを規定するものであった。

また本稿では、室温に置かれた当該部品または鑄造金属上で直接比抵抗と熱起電力を測定することで、鉄・炭素合金に対する熱処理の効果を非破壊的に検査し、金属の機械構造を予測する方法が明らかにされている。比抵抗と熱起電力の測定誤差はそれぞれ 4%、 $\pm 0.2 \mu\text{V}$ 以下である。熱処理後の金属の機械特性試験は標準的な方法で行った。鋼材 40Kh および 40KhN について計算および実験によって求めた機械特性値の誤差は 10% 以下であった。

報告（英文）：

Regulating heat treatment quality and predicting mechanical properties of ferrocenon alloys on the basis of specific electrical resistance and thermoelectromotive force

Belykh V. V., Ri Hosen

Applying fractal representations to destruction mechanics the electrical resistance connection with the parameters of defective set was determined. It was experimentally determined for ferrocenon alloy

$$\rho / \rho_0 \approx \left(L / \delta \right)^{2 \cdot (3 - D_f)},$$

where ρ_0 – specific electrical resistance alloy matrix, L and δ its element, D_f – fractal dimension.

With the principle of self-similarity fractal taking into account and relationship of Bridgman known the change of specific metal electrical resistance is correlated with that of specific volume when deforming relationship

$$\Delta \rho / \rho = C \cdot \Delta V / V,$$

(where C – metal constant), the constant connection C with alloy plasticity parameters ε and χ and fractal dimensions D_f

$$C = 12 \cdot (3 - D_f) = \frac{\Delta \rho / \rho}{(\chi + \varepsilon \chi - \varepsilon)}$$

was determined.

These terms offer to consider defect sets as the objects of space three-dimensional phase those coordinates are D_f defining random process, typical dimension L , energy E of formation defect structure.

The optimizations aim of hardened steels 40X and 40XH by complex of mechanical properties is determined with using criterion $\omega = \sigma_t \cdot \chi$. As result of tempering optimal steel properties are received 40X and 40XH:

$$- \omega = 634 \text{ МДж/м}^3, \Delta \rho / \rho_0 = 1,41, S = 7,2 \text{ мкВ/К}, D_f = 2,75, T_{\text{отп}} = 480 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$- \omega = 615 \text{ МДж/м}^3, \Delta \rho / \rho_0 = 1,56, S = 4,31 \text{ мкВ/К}, D_f = 2,75, T_{\text{отп}} = 500 \text{ }^\circ\text{C},$$

where S - thermoelectromotive force, $\rho_0 = 10,2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ($\alpha - \text{Fe}$).

On the basis of meaning results of specific electrical resistance and thermoelectromotive force and testing mechanical results at room temperature studied steels 40X and 40XH correlation dependences were determined for example for 40X

$$\sigma_t = 669,3 \cdot (\Delta \rho / \rho_0)^{3/2} \text{ МПа},$$

$$\sigma_s = 416,7 \cdot (\Delta \rho / \rho_0)^{3/2} \cdot (S)^{1/2} \cdot \left(\frac{\text{мкВ}}{\text{К}} \right)^{-1/2} \cdot \text{МПа}.$$

Mechanical properties are determined with error not exceeding 10%.

27 液状および固体状の鑄鉄中の合金元素が金属の特性に与える影響

Ri E.Kh. (ハバロフスク工科大学)

要点：

Cu, Ni, Al, Cr, V, Mo, Ti, Bi, Sb, Sn などの合金元素が、ねずみ鑄鉄 (C 3-3.2; Si 1.5-1.6; Mn 0.4-0.5; P 0.1; S 0.06 重量%) の溶湯の物理特性 (密度 d 、電気抵抗 p 、粘度 v 、表面張力)、晶出・構造形成プロセス、鑄造特性 (流動性、引け)、鑄造品の機械特性 (最大抗張力 Q_B および伸び率 δ %)、使用特性 (耐磨耗性、気密性) にどういった影響を与えるかを調査研究した。

黒鉛化元素 (Cu, Ni, Al) で合金化された溶湯の物理特性等温線は、カーバイド形成元素 (Cr, V, Mo, Ti, それぞれ 1.5 重量%以下) で合金化した溶湯のそれと異なり、極端な変化動向を示す。Bi, Sn, Sb を合金元素として使用した場合の溶湯特性の等温線は一層複雑な変化特性のものとなる。

溶湯特性、鑄造特性、硬化後の機械特性、使用特性など、鑄鉄各相特性の間の数値関係を解明するため、相関係数、相関度、多重相関数 R を算定し、こうして得られたこれら特性の相関性に最もよく適合する等式を選定した。

要点 (英文)：

Investigation into the effect of alloying elements on the cast iron properties in liquid and hardened condition

Ri E. H.

The effect of alloying elements (Cu, Ni, Al, Cr, V, Mo, Ti, Bi, Sb, Sn) on the physical properties (density d , electrical resistance p , viscosity v , surface tension σ) melts, the processes of crystallization and structure forming, casting (fluidity and casting shrinkage), mechanical (strength limit in tension Q_B and elongation δ , %) and maintenance (wear resistance and tightness) specifications of iron casting (mass. %: 3...3,2 C; 1,5...1,8 Si; 0,4...0,5 Mn; 0,1 P; 0,06 S) is studied.

An isotherm of liquid cast iron physical properties, alloyed graphitizing elements (Cu, Ni, Al), have an extreme changing effect by contrast to isotherms of these melts properties, alloyed by carbideforming elements (Cr, V, Mo, Ti till 1,5 mass. %). The isotherms of melts properties, alloyed (Bi, Sn, Sb) have more complicated changing effect.

The correlation coefficients, correlation relations and multiplex correlation were calculated to install qualitative relationship between melts

properties and alloyed, mechanical, maintenance specifications with equations satisfying dependences obtained above mentioned properties being chosen.

28 液状および固体状のアルミニウム合金の特性について
Ri Khosen, Voitov V.Kh., Kharitonov O.V. (ハバロフスク工科大学)

要点：

アルミニウムおよびその合金の溶湯が冷却された場合、温度変化曲線上の粘度および電気抵抗の値が変則的な変化を示すことが確認されている。この現象は、加熱温度に応じたアルミ溶湯の液相構造の変化、すなわち静的破壊構造(Statically Disordered Structure, SDS)の形成によるものであると考えられる。

上記液相の構造変化が起こる条件範囲において、アルミニウム各溶湯 (AL2、AL7、AL9) の加熱温度条件が鋳造品の構造と機械特性に及ぼす影響を与えるかの評価が行なわれ、その結果に基づいて、アルミニウム合金の融解・合金化温度を、SDS 形成点プラス 150 - 200°K 以下とし、これをもって鋳造品の強度特性を最大とするという、最適融解・合金化温度条件設定法が提起された。SDS 形成点プラス 150 - 200°K のレベルで溶湯を高速熱処理すると鋳造品の構造に好影響を与えることも確認された。

要点 (英文)：

The study of aluminum alloys of properties in liquid and hardened condition

Ri Hosen, V. N. Voytov, O. V. Kharitonov

An abnormal change of viscosity and of liquid aluminum electrical resistance and it melts on their polytherms are determined in the process of cooling. This effect referred to the structural change of liquid phase depending on heating temperature, that is forming statically disordered structure (SDS) of aluminum melts.

The effective evaluation on the structure and mechanical casting properties of temperature regime of heat aluminum melts (Al2, Al9, Al7) was done within the limits of structural transition of liquid phase mentioned above when choosing optimal smelting and alloying regimes.

According to the studies done, means of defining optimal smelting and alloying aluminum casts temperature regime was suggested which consists in fact that in order to achieve maximum possible strengthen properties, the smelting alloys and their alloying are done at the temperatures not exceeding definite heating (150-200 °K) over SDS.

Positive effect of heat speed working melts on mechanical casts properties with heating temperature over SDS up to 150 – 200 °K is shown.

29 航空機メインフレームのつなぎ板の製造装置

Merkulov V.I., Odinokov V.I., Lovizin N.S.

(ロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所)

要点：

既知の「鋳造・鍛造モジュール」をベースとして、矩形の帯材から航空機用メインフレームのつなぎ板を製造するために開発された装置について以下記述する。本装置（図 1）は、閉鎖パスを形成する 4 つの駆動ダイからなるスタンド状を呈している。

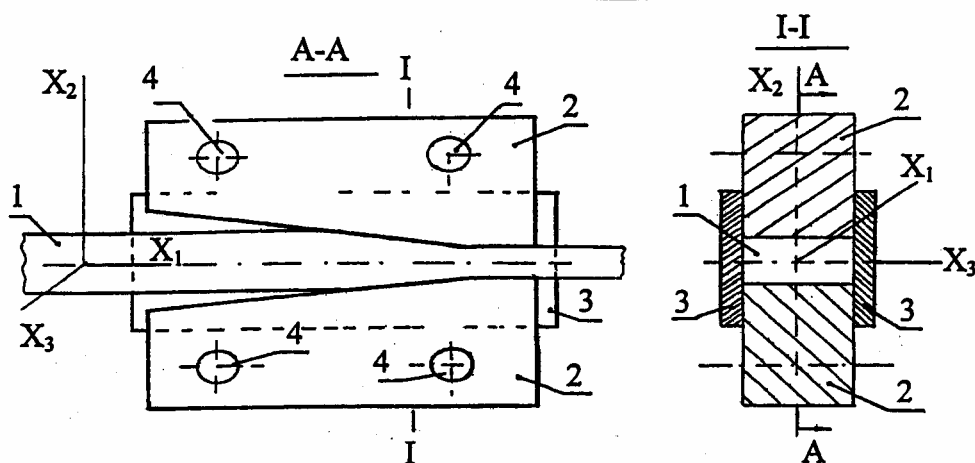


図 1 航空機用メインフレームつなぎ板製造装置

ダイ 2 は逆位相に設置されたカム 4 に支えられて円運動しつつ、スタンドに入ってくるワーク 1 を変形する。ダイ 2 には角度 γ の傾斜部とパスがある。ダイ 3 は往復運動を行い、金属が変形時に X_3 の方向に流出するのを阻止し、ワークを工程に従って X_1 の方向に押し出す。これらダイの出口部はつなぎ板の曲率半径に応じた曲率半径を有している。ダイ 3 の中に設けられたローラー 4 は、ワークに曲げ負荷がかかってもその安定性が失われないように保持している。

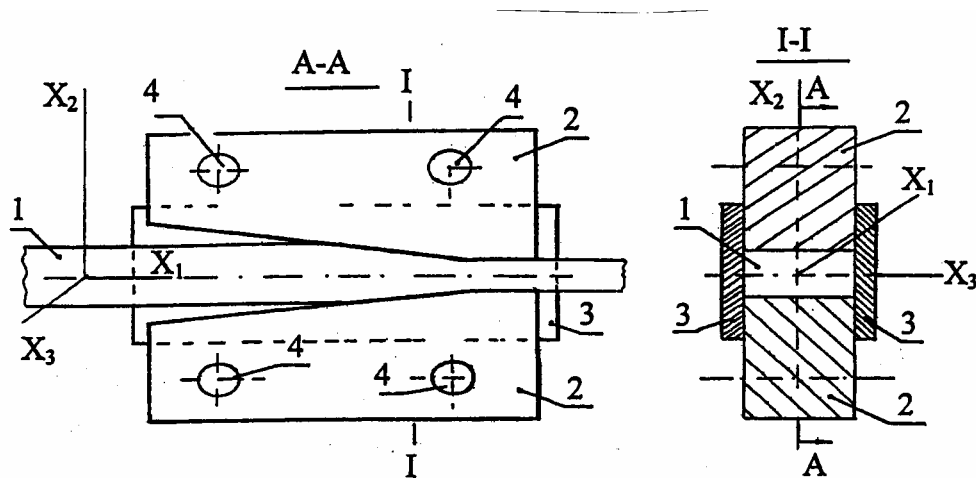
本装置は、ロシア科学アカデミー極東支部機械学・冶金学研究所で数タイプが製作されている。

要点 (英文) :

THE MACHINE FOR AIRCRAFTS FLAT OF MAIN FRAME MANUFACTURE

V.I. Merculov, V.I. Odinokov, N.S. Lovizin.

On the basis of known device (foundry-forging module) the accommodating for deriving a flat of main frame from a rectangular strip is described. The viewed device (picture 1) represents stand, consisting from four drive blocks, generatrix enclosed calibre.



Picture 1 .The plan of the device for aircraft's flat of main frame manufacture

Blocks 2 on eccentrics 4 in antiphases circular driving are perform and deforming going preform 1 in stand. They have a gauging part and slant part with a corner γ . Are brisk 3 make a reciprocation, preclude with fluxion of metal in direction X_3 and push preform on a course of technological process - in direction X_1 . At the output they have rounding radiuses equal to radiuses of a ready flat. The losses of a stability of a strip under bending are precluded with commercial rollers 4, installed in blocks 3.

The sectional machine is manufactured in several modifications in Institute engineering science and metallurgy.

30 航空機メインフレームの製造

Merkulov V.I., Odinokov V.I., Lovizin N.S.

(ロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所)

要点：

図 1a にメインフレーム概略を示す。この図で部品 1 と 2 は外板および内板であり、つなぎ板 3 とリブ 4 で互いに接続されている。材質はチタン VT-20 である。縫目状の線は溶接継目を示す。

現在、外板と内板は、空気中において予備的相変化温度 (910 ± 10) の電気抵抗加熱を加えつつ、プレスで成型して製作している。内径 1.5-1.8m のつなぎ板は、プラズマアークカッティングで板材から切り出し、エッジ処理しているが、経済的な加工法であるとは言えない。特殊な装置を用いた圧力変形加工によってつなぎ板を製造する方法を以下に提起する。図 1b に、板材から切り出した矩形帯材をメインフレームのつなぎ板に加工する工程を示す。工程順序は以下の通り。

板材から切り出した矩形帯材 1 (断面寸法 $S \times h$) が半径 R_p の曲げゲージ 2 を徐々に通過する。このとき帯材は、押しダイ 3 から加えられる曲げ力 P_1 、圧縮力 P_2 および押しダイに電流が通されて形成された電熱場の作用により、ゲージのうち、ワーク送り量に相当する長さ l の区画において、安定性を失うことなく曲率半径 R_p の製品となる。

本装置 (図 2) は鋳造-鍛造モジュールの一種であって、(1)溶湯の鋳造 (この場合、図 2 の矢視図 A-A は時計方向に 90° 回転する必要あり) および(2)ワークの加熱変形の 2 種類のモードで稼動する。メインフレームのつなぎ板 ($r=0.7-0.9m$) に関係するのは(2)のモードである。

本装置 (図 2) は、閉鎖パスを形成する 4 つの可動ダイからなるスタンドである。ダイ 2 は逆位相に設置されたカム 4 に支えられて円運動しつつ、スタンドに入ってくるワーク 1 を変形する。ダイ 2 には角度 γ の傾斜部とパスがある。ダイ 3 は往復運動を行い、金属が変形時に X_3 の方向に流れるのを阻止し、ワークを工程に従って X_1 の方向に押し出す。これらダイの出口部はつなぎ板の曲率半径に応じた曲率半径を有している。ダイ 3 の中に設けられたローラー 4 は、ワークに曲げ負荷がかかってもその安定性が失われないように保持している。

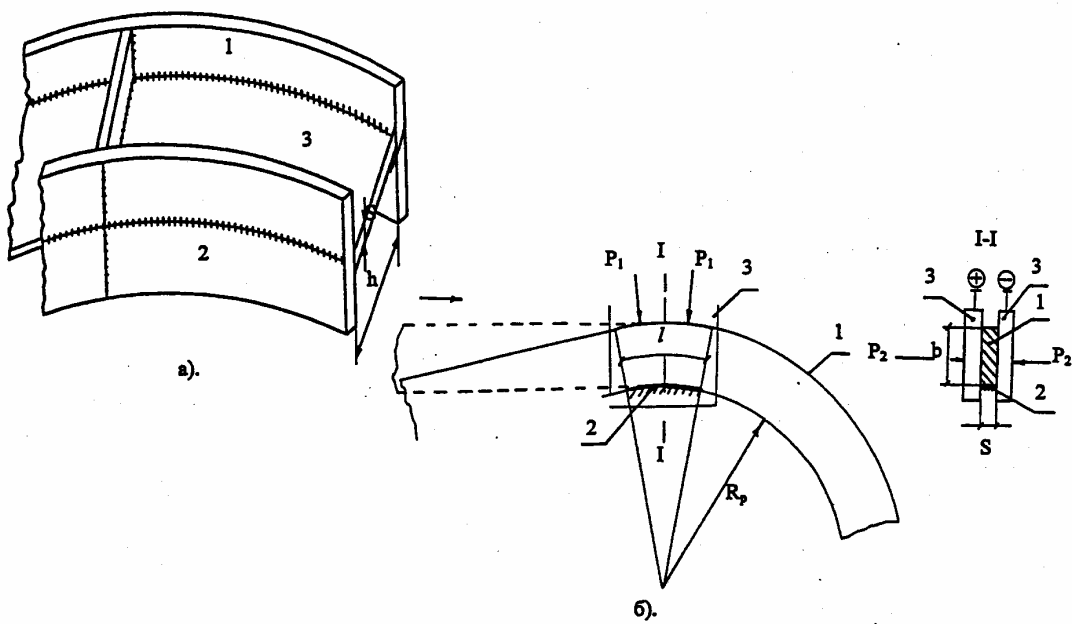


図1 航空機用メインフレームつなぎ板製造工程

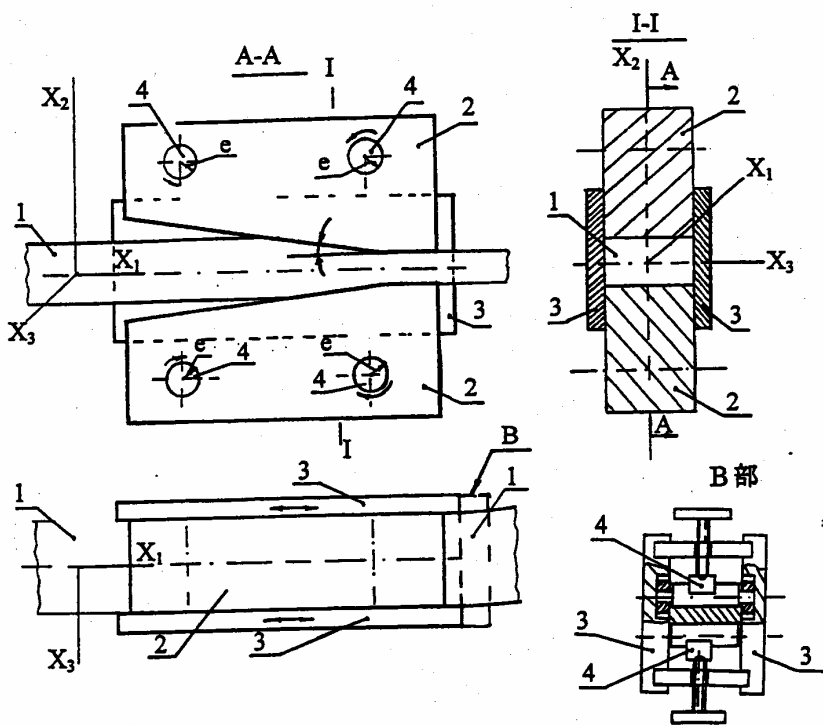


図2 航空機用メインフレームつなぎ板製造装置

31 チタン合金 VT-20 の表面処理のための電気火花合金化技術

Nikolenko S.V., Verokhoturov A.D., Kovalenko S.V.

(ロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所)

要点：

チタンおよびその合金の表面特性のうち特に重要なものが、薄膜が形成されること、および初発表面の反応性が高いことである。この結果、チタンとその合金は摩擦時の接触固着(Frictional seizure)を起こしやすい。チタン合金のもうひとつの特徴として、通常の潤滑材が表面に全く接着せず、そのため、あらゆるものとの摩擦が潤滑材によって軽減できないということが挙げられる。この二つの理由で、チタンを機械・機構中の摺動部品材料として用いることは困難であるばかりか、危険でさえある。従って、チタンおよびその合金をこうした摺動部品として用いるには、表面の強度を増し、合金化処理を施す必要があり、めっき、爆発、熱ガス作用などによる被膜処理が提案されている。この点で、これらの各方法と並んで興味を引くのが、合金化した被膜と母材との結合が強いこと、高融点金属、化合物を含む任意の導電性材料を加工面に移植することが可能であることを特長とする、電気火花による合金化処理(ESA)である。しかし、チタン合金の ESA、特に合金被膜の形成とその特性に関するデータが少ないため、表面層を処理するための合金化電極の選択に際しての基準が確立されていない。

本稿は、航空機産業で広く用いられているチタン合金 VT-20 の表面特性の向上を目的とした ESA に際しての合金化表面層の形成プロセスとその特性を調査することを目的とするものである。

本稿では、ESA 装置「Elitron-22A」(I=0.8-1.5A, U_{x.x.}=70-80V, C=360mkf, E=1.0-1.4 J, f=100 Hz)を用いて合金化表面層の形成プロセスの調査研究を系統的に実施した。

ESA プロセスにおける、合金化時間経過に伴う陰極(VT-20)の重量変化と陽極電極の侵食程度の測定が行われた。陽極電極材料として用いられたのは Al, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Zr, Nb, Ta, 金属間化合物(NiAl), 高硬度合金("VK8", "T15K6"), 新型電極材(タングステンカーバイドベース、自溶性フラックス添加。特許№2129619)であった。この他、陽極侵食生成物の粒度分布分析、強化対象サンプルの横断面の金属組織検査、合金化表面層の X 線相分析、重量分析を行った。

ESA プロセスの有効性を判定するには次の公式を用いた。

$$= k K t x K^{\text{hard}}$$

ここで、

$t_x - k$ (陰極の単位時間あたり重量増加) が初めて負となるまでの時間。合金化表面層の脆性破壊閾値を表す。

K - 平均移植係数(= k/a , %、ここで a - 陽極の合金化プロセス 1 分ごとの侵食量)。

K^{hard} - 強化係数(= $H\mu^{al}/H\mu^{base}$ 、ここで $H\mu$ - 合金化表面層 LS および母材 BASE のミクロ硬度)である。

高融点化合物を用いて ESA を行った場合、時間 t_x あたりの累計重量増加が最大となる陽極材料は、自溶性フラックス添加電極材 WC-Co-Ni-Cr-B-Si (313.9)であった。この原因としては、強化対象のチタン合金表面付近に、酸素に対する親和性の高い保護雰囲気形成されていることが考えられる。つまり、無制限の硬質溶液および金属間化合物を形成する能力を有し、酸素に対する親和性の最も小さな金属を電極材料として選択した場合に、チタン合金 VT-20 の ESA 時の陰極重量増加が最大となったのである。

チタン合金 VT-20 の ESA 時の陽極侵食生成物についても調査が行われた。その粒度分布が明らかとなったが、それによれば、侵食性生物中の液相の割合が最も高いのは金属のうちではニッケル電極で 17%、それ以外の材料では WC-Co-Ni-Cr-B-Si で 76%であった。液相の割合が最も低いのはジルコニウム電極で 1%であるが、この理由は、金属組織検査の結果が示すように、ジルコニウムの酸素親和性が高く、 ZrO_2 として移植される量が多いということである。ジルコニウムを用いた ESA による合金化表面層の連続性は 32%であった。

合金化表面層の金属組織検査の結果によれば、合金化表面層の連続性が最大であるのは、金属の中ではニオブで 82%、高融点化合物の中では WC-Co-Ni-Cr-B-Si で 100%であった(写真)。合金化表面層のミクロ硬度が最大であるのは、高硬度合金 T15K6 で、これはチタンカーバイドの硬度が高いことによるものと考えられる。

かくて、上記の調査研究により、チタン合金を ESA 処理することにより、そのミクロ硬度、耐磨耗性、耐熱性が大幅に向上することが明らかとなった。

要点(英文)：

ELECTROSPARK ALLOYING OF VT-20 TITANIUM ALOY

Nikolenko S.V., Verkhoturov A.D., Kovalellko S.V.

Institute of Material Science KSC FEB RAS Russia, Khabarovsk

Fax: (4212) 35-88-10 email:imdvo@fe.ru

The most important characteristic of the surface of titanium and its' alloys is the existence of a thin oxide film and high reaction ability of their juvenile surface. Due to this, titanium and its' alloys have a strong inclination to contact locking under friction. Another principal characteristic of titanium alloys, which makes virtually any friction for them a "dry" one, is the complete absence of surface adhesion with standard lubricants. These properties create considerable problems, and even make the use of titanium alloys in friction parts of machines and equipment dangerous. Facilitation of safe and efficient friction applications of titanium and its' alloys

demands surface hardening and alloying. Certain works propose the use of galvanic, detonation, and gas-thermal coating deposition methods. Electrospark alloying also presents a considerable interest in this connection, especially since it gives a very strong connection between the base and the deposited layer and allows for deposition of any current conductive material, including refractory metals and compounds. However, data available on the subject of electrospark alloying (ESA) of titanium and its' alloys is limited, especially concerning the research of the forming of alloyed layer and its' properties, and this inhibits efficient selection of alloying electrodes. This work summarizes the attempt to research the process of forming and properties of an alloyed layer deposited using ESA on VT-20 titanium alloy, which is commonly used in the aircraft building.

This work outlines the results of systematic research of the process of alloyed layer (AL) properties and forming process for "Elitron-22A" device ($I=0,8-1,5$ A; $U_{x.x.}=70-80$ V; $C=360$ mkf; $E=1,0-1,4$ J, $f=100$ Hz).

Cathode (VT-20) mass change and anode erosion depending on the duration of alloying were measured. Metals Al, Ti, V, Cr, Fe, Ni, Zr, Nb, Ta, intermetallic NiAl, hard alloys Vr8, T15K6, and a new tungsten carbide electrode material (pat #2129619) with a self-fluxing additive were used as electrode materials in this study. Other conducted studies include a granulometric analysis of erosion products, metallography of samples of hardened materials, x-ray phase and gravimetric analysis of the alloyed surface.

ESA process efficiency was calculated using $\gamma = \Sigma \Delta_k K t_x K^{hard}$ where t_x - limit of fragile destruction defined by the time of treatment at which negative relative mass increase of cathode Δ_k is registered. K - average mass transfer coefficient equal to Δ_k / Δ_a , % (Δ_a - anode's erosion per minute of alloying), K^{hard} -hardening coefficient equal to $K^{hard} = H_{\mu}^{al} / H_{\mu}^{base}$, where H_{μ} -microhardness of the alloyed layer and the base respectively.

The study has shown that the maximum total added mass in time t_x during ESA with refractory compounds can be achieved for the electrode material with self-fluxing additives WC-Co-Ni-Cr-B-Si (313,9). This can be explained by the formation of a protective atmosphere on titanium's surface, which has a close relation with oxygen. Therefore, metals characterized by an ability to form unlimited hard solutions and intermetallics, and having the least relation with oxygen, have the highest value of cathode added mass during ESA of VT-20 titanium alloy.

The study also included analysis of erosion products, formed during ESA of VT-20. This analysis has defined their granulometric composition and shown that the maximum share of liquid phase component is found in nickel's (among metals) –

17% and WC-Co-Ni-Cr-B-Si –76%, erosion products. Zirconium has the lowest share of liquid phase component (1%), which is explained by its' close relation with oxygen and its' transfer in the form of ZrO_2 , this is confirmed by metallographic analysis as well. Continuity of AL produced during ESA with zirconium equals 32%.

Metallographic studies revealed that niobium forms the AL with highest continuity among metals (82%), while WC-Co-Ni-Cr-B-Si holds the first place in this nomination among refractory compounds with a 100% (Pic.). Hard alloy T15K6 gives the highest microhardness of the AL, which is explained by the high hardness of titanium carbide.

The conducted research has shown a considerable increase of microhardness, wear- and heat-resistance of titanium alloys after their electrospark alloying.

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東賢に御照会ください。

32 電気火花合金化処理(ESA)の被膜厚を保証するための工程条件

Mulin Yu.I., Klimova L.A., Dmitriev D.A

(ロシア科学アカデミー極東支部ハバロフスク科学センター材料学研究所)

要点：

多くの電極材料について、ESA 実施時のエネルギーパラメーターと陰極の累計重量増加との関係を数式化する試みを重ねてきた結果、被膜の厚さを定められた値とするための処理条件と、この被膜厚さを得るに必要な処理時間を算定することができるようになり、またこのためのノモグラムを作成することができた。ここで用いられる関係式は、主なエネルギーパラメーターとして、放出エネルギー(Wf)、パルス周期(fi)およびパルス長(ti)を含むものである。1cm²の面積を ESA 処理する際の放出エネルギーは放電パルスあたりの平均エネルギーWi に決定される。Wi, fi および ti の値はその他の処理条件と共に ESA 装置のパスポートに記載される。放出エネルギーの値は以下の公式で算定する。

$$Wf=Wi \cdot Ni = Wi(60 \cdot fi \cdot ki) \cdot t$$

ここで Ni - 1 分あたりの平均パルス数 t - 1cm² を処理するために必要な時間 ki - 放電パルスが通過する確率を示す係数、ki=Ni/fi。ki を 0.7—0.8 としてもよい。

ESA 装置のパスポートに然るべきデータが記載されていない場合、直接電極と電極の間においてオシログラフ"C8-17"を用い、文献[1]の方法で電圧・電流オシログラムを作成し、これに基いて必要なデータを求めることができる。

上記の公式により、1cm² の ESA を行うに要する時間は以下の通りとなる。

$$t=Wf/Wi(60 \cdot fi \cdot ki)$$

上に紹介した、ESA 被膜の設定厚さを保証するための工程条件を求める方法を実験によって検証したところ、その誤差は 26%以内と小さいものであった。

要点（英文）：

TECHNOLOGICAL SOLUTION OF FORMING COATINGS WITH REQUIRED DEPTH DURING ELECTROSPARK ALLOYING

Y.I. Mulin, L.A. Klimova, D.A. Dmitriev
Institute of Material Science KSC FEB RAS

Formalizing the relation between total cathode's added mass and energy parameters of the ESA process for a substantial number of tested electrode materials allows us to perform calculations and build nomograms necessary for the selection of treatment modes, which assure the desired coating depth. The mentioned relation includes the following main energy parameters : quantity of releases energy (Wf)

frequency (f_i) and duration (τ_i) of impulses. Quantity of energy released during alloying of 1cm^2 of surface is calculated based on the average amount of energy of one spark discharge W_i the value of which (along with the values of f_i and τ_i) must be stated in the technical passport of the ESA device. Quantitatively, the released energy value is:

$$W_f = W_i N_i = W_i(60f_i k_i)t,$$

where N_i - average number of impulses per minute; t - time of treatment of 1cm^2 of surface; $k_i = N_i/f_i$ - coefficient showing the probability of discharge success, which may be taken to be 0,7-0,8 by default.

If the necessary data is missing in the device's passport, it may be calculated based on the volt-amper oscillograms received using an oscillograph mod. C8-17 with method [1] directly in the interelectrode space.

According to the abovementioned equation, alloying of 1 cm of surface must last for;

$$t = W_f/W_i(60f_i k_i)$$

Experimental testing of the proposed method for defining technological parameters of electrospark alloying for the deposition of coating with required depth shows the maximum error rate to be below 26%.

Bibliography.

Rybalko A.V., Khmurar V.I. *Electric parameters of electroerosion alloying*.
Electronnaya obrabotka materialov (Electronic treatment of materials), 1998 #6, pp. 18-20

報告：露文のみ有るため、本号では掲載しません。但し、露文報告を入手希望の場合は、口東賢に御照会ください。