

FRANÇAIS

Alfred Wilm et les débuts du Duralumin 353
O. Hardouin Duparc

La découverte du Duralumin est à situer dans un contexte militaire. L'ingénieur prussien Alfred Wilm avait été mandaté à Neubabelsberg près de Berlin pour obtenir un tel alliage qui doit son nom autant au fait qu'il est dur qu'au fait qu'il a d'abord été produit industriellement à Düren. Des relations de coopération et de concurrence internationale âpre ont accompagné les premières recherches sur cet alliage au début du XX^e siècle.

Caractérisation quantitative et modélisation des cinétiques de précipitation : vers la précipitation anisotherme et les phénomènes couplés 361
A. Deschamps, M. Nicolas, F. Perrard, M. Perez

Cet article de synthèse présente un ensemble de travaux comprenant une démarche parallèle de caractérisation quantitative d'états de précipitation (taille, fraction volumique) et de modélisation de cinétiques de précipitation dans ces mêmes systèmes. Les méthodes expérimentales utilisées sont essentiellement la diffusion centrale des rayons X et des neutrons, avec également la Microscopie Electronique en Transmission. La modélisation s'appuie sur des modèles semi-analytiques (équations différentielles couplées) et numériques (modélisation par discrétisation de la distribution de tailles). Divers systèmes sont étudiés, dans les alliages d'aluminium et les aciers. Après s'être intéressé à la précipitation isotherme, on s'intéressera à la précipitation dynamique, la précipitation non-isotherme et la précipitation au cours du soudage.

Modélisation micromécanique du comportement élastique-viscoplastique des aciers IF et Dual-phase 381
S. Berbenni, V. Favier, M. Berveiller, X. Lemoine

Un modèle micromécanique fondé sur une approche autocohérente nouvelle a été appliqué à la description du comportement élastique-viscoplastique des aciers dans une large gamme de vitesses de déformation. Une description fine, à la fois des interactions mécaniques entre hétérogénéités via la transition d'échelle et du comportement local de chaque phase, permet de rendre compte de façon pertinente des résultats expérimentaux obtenus en traction uniaxiale dans une grande plage de vitesses de déformation pour des aciers différant par leur microstructure. Deux types d'aciers ont été étudiés : les aciers polycristallins ferritiques IF et les aciers Dual-phases biphasés ferrite-martensite.

Détermination des gradients locaux de contraintes en surface pour différentes microstructures d'aciers inoxydables 391
V. Vignal, N. Mary, C. Valot, R. Oltra, L. Coudreuse

La méthode de détermination des contraintes résiduelles par diffraction des rayons X est appliquée à différents types d'aciers inoxydables monophasés, multiphasés ou contenant une densité élevée d'inclusions. Un modèle thermomécanique implanté dans un code de calcul par éléments finis est proposé afin de déterminer le champ de contraintes en tenant compte de la microstructure et de la texture réelles des matériaux. Les calculs numériques sont validés en comparant les valeurs obtenues à celles déterminées expérimentalement et en repérant par des observations en microscopie électronique à balayage les zones où des microfissures s'amorcent.

Analyse critique et détermination de la limite de solubilité du carbone dans la ferrite 403
J. Merlin, S. Garnier, M. Bouzekri, M. Soler

Malgré de nombreux travaux publiés, la limite de solubilité du carbone dans la ferrite reste imprécise (entre 50 et 100 ppm à 600°C par exemple), ce qui est insuffisant pour l'optimisation du traitement des aciers. On a donc cherché à déterminer cette solubilité pour un acier à bas carbone et à 0,2 % de Mn en utilisant un protocole de mesure fondé sur la détermination, par pouvoir thermoélectrique, de la quantité de carbone ségrégeant sur les dislocations après déformation. La limite de solubilité a ainsi été déterminée à ± 2 ppm entre 550 et 730°C, et décrite par la relation : C (% wt) = $6,63 \exp(-11,8 \text{ kcal/mole/RT})$. L'analyse faite et les résultats obtenus soulignent l'intérêt qu'il y aurait à reprendre un certain nombre d'études expérimentales de base pour alimenter les simulations.

Stabilité thermique des couches de diffusion obtenues par nitruration ionique à basse température des aciers inoxydables austénitiques du type AISI 304 413
M. Zahzouh, A. Saker, S. Boudebane, S. Mechachi

Des maintiens isothermes de couches nitrurées sur acier AISI 304, de 4 à 3 000 h et à basse température (< 450°C), ont montré que leur stabilité dépend de la température de maintien. À des températures supérieures à 450°C, ces couches, constituées d'une solution solide cfc désordonnée métastable sursaturée en azote (γ_N), se décomposent en un temps relativement court (4 h). Par contre, aux températures inférieures, elles ne sont ni désaturées ni décomposées, même pour des maintiens dépassant les 3 000 h. Toutefois, on note une augmentation de l'épaisseur des couches et une conservation d'un niveau de dureté appréciable (800 HV₁₀).

Influence de la teneur en carbone sur le frittage réactionnel des mélanges de poudres W-Co-C 419
S. Azem, M. Grosbras, S. Yefsah

Lors du frittage réactionnel du mélange W-6%Co-C à 1 500°C sous charge, le produit de la réaction entre les trois éléments dépend de la proportion relative de carbone et de cobalt. Pour une teneur en carbone de 7 % en masse, on obtient du monocarbure WC seul et une densification par une phase liquide à base de cobalt. Avec une teneur en carbone plus faible, on favorise l'apparition de l'hémicarbure W_2C qui réagit avec le cobalt pour former le carbure mixte $Co_3W_3C_4$. Ceci élève la dureté, mais diminue la quantité de phase liquide et ralentit la densification. En présence du carbure mixte, la teneur en cobalt doit donc être suffisante pour obtenir la quantité de phase liquide nécessaire pour la densification. Avec une teneur en carbone supérieure à 7 %, il y a formation de WC, densification par le cobalt et précipitation de graphite libre. Le choix de la teneur initiale en carbone permet donc d'agir sur la nature des phases formées et les conditions de densification en présence d'une phase liquide.

Oxydation à l'air de réfractaires à base de carbure et de nitrure de silicium 427
A. Zymła, V. Zymła, T. Pawlik, M. Sopicka-Lizer, J.-B. Guillot

L'oxydation à l'air vers 1 000°C de réfractaires industriels formés d'un granulât de carbure de silicium lié par le nitrure de silicium reste d'intensité modérée. Elle affecte d'abord et surtout la phase liante nitrurée – qui présente la plus grande porosité initiale – et très peu le carbure. Elle s'accompagne d'une diminution de la surface spécifique, par formation d'une couche protectrice de silice d'épaisseur croissante, ce qui entraîne un ralentissement de la réaction.

Alfred Wilm and the beginnings of Duralumin 353
 O. Hardouin Duparc

The discovery of Duralumin took place in a military context. The Prussian engineer Alfred Wilm had been mandated in Neubabelsberg near Berlin to develop such an improved alloy, the name of which is as much due to the fact that it is hard as to the fact it has first been industrially produced in Düren. International cooperations as well as harsh competitions have accompanied the first researches on this alloy in the beginning of the twentieth century.

Quantitative characterization and precipitation kinetics : towards the non-isothermal precipitation and the coupled phenomena 361
 A. Deschamps, M. Nicolas, F. Perrard, M. Perez

This article synthesizes a number of studies involving both quantitative characterization of precipitate microstructures (size and volume fraction) and modelling of precipitation kinetics. The main experimental methods used are Small Angle X-ray and Neutron Scattering and Transmission Electron Microscopy. The modelling is based on semi-analytical models (coupled differential equations) and on numerical models (based on the discretization of the precipitate size distribution). A variety of systems are studied, both aluminium alloys and steels. After considering isothermal precipitation, the issues of dynamic and non-isothermal precipitation are discussed. Finally, precipitation phenomena occurring during welding are characterized.

Micromechanical modelling of the elastic-viscoplastic behaviour of IF and Dual-phase steels381
 S. Berbenni, V. Favier, M. Berveiller, X. Lemoine

A micromechanical model based on a new self-consistent formulation has been applied to describe the elastic-viscoplastic behaviour of steels at high strain rates. A good agreement between experimental and calculated data is found concerning the behaviour of a ferritic single-phase IF steel in uniaxial tests in a large range of strain rates. Because of the introduction of relevant physical parameters in the modelling, a good description of the difference observed between the Dual-phase steel and the single-phase steel is obtained.

Determination of the surface stress field for stainless steels having different microstructures 391
 V. Vignal, N. Mary, C. Valot, R. Oltra, L. Coudreuse

The method of residual stress determination based on X-ray diffraction has been used for the study of different types of stainless steels : single phase or multiphase microstructures, different inclusion contents. A thermomechanical model associated with a finite element code is proposed for the determination of the stress field in relationship with the actual microstructure and texture of the materials. The numerical calculations are validated by comparing the obtained results to those experimentally determined and by scanning electron microscope observations on the initiation zones of microcracks.

Critical analysis and determination of the solubility limit of carbon in ferrite 403
 J. Merlin, S. Garnier, M. Bouzekri, M. Soler

In spite of an extensive bibliography available, the solubility limit of carbon in ferrite is still uncertain (between 50 and 100 ppm at 600°C

for example), and this is not sufficient for the improvement of steel processing. Therefore we have tried to establish as accurately as possible the solubility of carbon between 500 and 750°C in a low carbon aluminium killed steel using a thermoelectric power protocol, which enables to calculate the amount of free interstitials in a ferritic matrix from the amount of interstitials that segregate on dislocations after strain. The solubility limit has been determined at ± 2 ppm between 550 and 730°C, and described by the relation : $C(\%wt) = 6.63 \exp(-11.8 \text{ kcal/mol/RT})$. At a time when metallurgical phenomena are more and more simulated, we believe that a similar procedure should be used for other experimental studies providing basic data for modelling.

Thermal stability of diffusion layers obtained by low-temperature ion-nitriding of AISI 304 type austenitic stainless steels 413
 M. Zahzouh, A. Saker, S. Boudebane, S. Mechachi

Samples of AISI 304 steel with layers nitrided at low temperature (< 450°C) have been heated isothermally under neutral atmosphere for times ranging from 4 to 3,000 h. The stability of the layers varies depending on holding temperature. At temperatures greater than 450°C, the initial FCC disordered metastable solid solution, supersaturated in nitrogen (γ'_N), decomposes in a relatively short time (4 h). At lower temperatures, however, no change in supersaturation and no decomposition occur, even for holding times exceeding 3,000 h. Nevertheless, an increase in layer thickness is noted and the hardness within the layers remains high (800 HV₁₀).

Effect of carbon content on the reactive sintering of mixed W-Co-C powders 419
 S. Azem, M. Grosbras, S. Yefsah

During the reactive sintering of W-6%Co-C powder mixtures at 1,500°C under pressure, the reaction product between these elements depends on the relative contents of carbon and cobalt. With a carbon content of 7% by mass, the WC monocarbide forms alone and densification occurs in the presence of a cobalt-based liquid phase. With lower carbon contents, the hemicarbide W_2C forms first and reacts with cobalt to form the mixed carbide $Co_3W_9C_4$. The hardness is increased, but the amount of liquid phase is reduced and the sintering densification is limited. In the presence of the mixed carbide, the cobalt content should be sufficient to be able to produce the amount of liquid phase required for sintering densification. For carbon contents greater than 7 %, one obtains the formation of the WC carbide, densified by the cobalt binder, and the precipitation of free graphite. The choice of the initial carbon content allows thus to influence the type of phases obtained and the conditions of liquid phase sintering densification.

Oxidation in air of nitride bonded silicon carbide ceramic427
 A. Zymła, V. Zymła, T. Pawlik, M. Sopicka-Lizer, J.-B. Guillot

The rate of air oxidation towards 1,000°C of the Si_3N_4 -bonded silicon carbide refractory is low. It is found that the porous nitride-bonding phase oxidizes mainly and that the SiC oxidation is negligible. The decrease of specific surface area, due to the growing of a dense silica layer, induces much slower kinetics.

Alfred Wilm und die Anfänge des Duralumin 353
O. Hardouin Duparc

Man muss die Entdeckung des Duralumin in einem militärischen Kontext sehen. Der preussische Ingenieur Alfred Wilm war nach Neubabelsberg in der Nähe von Berlin beordert worden, um eine derartige Legierung zu erhalten, die ihren Namen genauso der Tatsache verdankt, dass sie hart ist, wie der Tatsache, dass sie zunächst industriell in Düren hergestellt worden ist. Die ersten Untersuchungen zu dieser Legierung Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts wurden von Beziehungen der Zusammenarbeit und harter internationaler Konkurrenz begleitet.

Quantitative Beschreibung und Modellierung von Ausscheidungskinetiken : Zur anisothermen Ausscheidung und den gekoppelten Vorgänge 361
A. Deschamps, M. Nicolas, F. Perrard, M. Perez

Dieser Gesamtüberblick stellt eine Anzahl von Arbeiten vor, die zugleich eine quantitative Beschreibung der Ausscheidungszustände (Grösse, Volumenanteil) und die Modellierung der Kinetiken der Ausscheidung in denselben Systemen betreffen. Die angewandten Versuchsmethoden sind im Wesentlichen die zentrale Streuung von Röntgenstrahlen und von Neutronen und ebenso die Transmissionselektronenmikroskopie. Die Modellierung stützt sich auf halbanalytische Modelle (gekoppelte Differentialgleichungen) und numerische Modelle (Modellierung durch Diskretisierung der Korngrößenverteilung). Verschiedene Systeme in Aluminium-Legierungen und Stählen wurden untersucht. Nach der isothermen Ausscheidung befasst man sich mit der dynamischen Ausscheidung, der nichtisothermen Ausscheidung und der Ausscheidung im Verlauf des Schweißens.

Mikromechanische Modellierung des elastisch-viskoplastischen Verhaltens von IF- und Dualphasen-Stählen 381
S. Berbenni, V. Favier, M. Berveiller, X. Lemoine

Ein mikromechanisches Modell, das auf einer neuen autokohärenten Näherung basiert, wurde für die Beschreibung des elastisch-viskoplastischen Verhaltens von Stählen über einen breiten Geschwindigkeitsbereich der Verformung angewandt. Eine genaue Beschreibung, sowohl der mechanischen Wechselwirkungen zwischen den Heterogenitäten mittels eines Maßstabsübergangs, im Bereich der Mikrostruktur, als auch des lokalen Verhaltens jeder Phase ermöglichte, auf zutreffende Weise Versuchsergebnisse, die unter einachsiger Zugbeanspruchung über einen grossen Geschwindigkeitsbereich der Verformung für Stähle unterschiedlicher Mikrostruktur erhalten wurden, zu erklären. Zwei Typen von Stählen wurden untersucht : die polykristallinen ferritischen IF-Stähle und die ferritisch-martensitischen Dual-Phasen-Stähle.

Bestimmung lokaler Spannungsgradienten in der Oberfläche verschiedener Mikrogefüge von nichtrostenden Stählen ... 391
V. Vignal, N. Mary, C. Valot, R. Oltra, L. Coudreuse

Das Verfahren der Bestimmung von Eigenspannungen mittels Röntgenstrahlbeugung wird bei verschiedenen Sorten nichtrostender einphasiger und mehrphasiger Stähle oder solchen mit einer erhöhten Einschlussdichte, angewendet. Es wird ein thermomechanisches Modell, eingefügt in einen Rechencode mittels finiter Elemente, vorgeschlagen, um das Spannungsfeld unter Berücksichtigung des Gefüges und der tatsächlichen Textur der Werkstoffe, zu bestimmen. Die numerischen Berechnungen wurden bestätigt, indem die erhaltenen Werte mit den experimentell bestimmten verglichen wurden, und durch Betrachtung mit dem Rasterelektronenmikroskop der Zonen, wo Mikrorisse eingeleitet worden waren.

Kritische Analyse und Bestimmung der Löslichkeitsgrenze von Kohlenstoff in Ferrit 403
J. Merlin, S. Gamier, M. Bouzekri, M. Soler

Trotz zahlreicher veröffentlichter Arbeiten bleibt die Löslichkeitsgrenze des Kohlenstoffs in Ferrit ungenau (zum Beispiel bei 600°C zwischen 50 und 100 ppm), was für die Optimierung der Behandlung von Stählen ungenügend ist. Es wurde deshalb versucht diese Löslichkeit für einen Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt mit 0,2 % Mn zu bestimmen, indem ein Messprotokoll verwendet wurde, das bei Auswertung der Veränderung der thermoelektrischen Kraft, die Menge des geseigerten Kohlenstoffs auf den Versetzungen nach Verformung bestimmt. Die Löslichkeitsgrenze konnte so auf ± 2 ppm genau zwischen 550° und 730°C bestimmt und durch die Beziehung : $C(\%wt) \approx 6,63 \exp(-11,8 \text{ kcal/mol/RT})$ beschrieben werden. Die durchgeführte Untersuchung und die erzielten Ergebnisse unterstreichen das Interesse eine gewisse Anzahl Grundlagenuntersuchungen wieder aufzunehmen, um die Simulationen zu unterstützen.

Thermische Stabilität von Diffusionsschichten, die durch Ionennitrierung bei tiefer Temperatur auf nichtrostenden austenitischen Stählen vom Typ AISI 304 erhalten wurden 413
M. Zahzouh, A. Saker, S. Boudebane, S. Mechacht

Das isotherme Halten nitrierter Schichten auf Stahl AISI 304 von 4 bis 3 000 h und bei tiefer Temperatur ($< 450^\circ\text{C}$) zeigt, dass ihre Stabilität von der Haltetemperatur abhängt. Bei Temperaturen höher als 450°C zerfallen diese Schichten, die aus einer ungeordneten, metastabilen, an Stickstoff übersättigten festen kfz-Lösung (γ_N) bestehen, in relativ kurzer Zeit (4 h). Im Gegensatz dazu sind sie bei tiefen Temperaturen weder entsättigt noch zerfallen, selbst bei Haltedauern, die 3 000 h überschreiten. Auf jeden Fall stellt man eine Erhöhung der Schichtdicken und ein Beibehalten des erwünschten Härteniveaus (800 HV₁₀) fest.

Einfluss des Kohlenstoffgehaltes auf das Reaktionssintern von W-Co-C-Pulvermischungen 419
F. Azem, M. Grosbras, S. Yefsah

Während des Reaktionssinterns der Mischung W-6%Co-C bei 1 500°C unter Druck hängt das Reaktionsprodukt aus den drei Elementen vom Verhältnis Kohlenstoff und Kobalt ab. Bei einem Kohlenstoffgehalt von 7 Massenprozent erhält man nur das Monokarbid WC und eine Verdichtung durch eine flüssige Phase auf der Basis von Kobalt. Bei einem geringeren Kohlenstoffgehalt wird das Auftreten des Halbkarbid W_2C begünstigt, das mit dem Kobalt reagiert, um das Mischkarbid $Co_3W_9C_4$ zu bilden. Dieses erhöht die Härte, verringert aber die Menge an flüssiger Phase und verzögert die Verdichtung. Bei Anwesenheit des Mischkarbid muss also der Kobaltgehalt ausreichend sein um die Menge flüssiger Phase zu erhalten, die für die Verdichtung notwendig ist. Bei einem Kohlenstoffgehalt oberhalb 7 % gibt es eine Bildung von WC, eine Verdichtung durch das Kobalt und eine Ausscheidung von freiem Graphit. Die Wahl des Anfangskohlenstoffgehaltes ermöglicht somit auf die Beschaffenheit der gebildeten Phasen und die Bedingungen der Verdichtung, in Anwesenheit einer flüssigen Phase, einzuwirken.

Die Oxidation feuerfester Stoffe auf der Basis von Silizium-Karbid und -Nitrid in Luft 427
A. Zymła, V. Zymła, T. Pawlik, M. Sopicka-Lizer, J.-B. Guillot

Die Oxidation gegen 1 000°C in Luft von industriell aus einem Granulat von Siliziumkarbid mit Bindung von Siliziumnitrid hergestellten feuerfesten Stoffen ist von mässiger Stärke. Die Oxidation betrifft zunächst und vor allem die nitrierte Bindungsphase, welche die grösste Ausgangsporosität aufweist und sehr wenig das Karbid. Sie wird von einer Verringerung der spezifischen Oberfläche durch Bildung einer Schutzschicht aus Silizium wachsender Dicke begleitet, was zu einer Verlangsamung der Reaktion führt.

Alfred Wilm y el origen de Duralumin 353
 O. Hardouin Duparc

El descubrimiento de Duralumin se sitúa en un contexto militar. El ingeniero prusiano Alfred Wilm había sido enviado a Neubabelsberg, cerca de Berlín, para obtener este tipo de aleación que debe su nombre tanto al hecho de ser duro como al hecho de que fuera a producirse industrialmente en Düren. Unas relaciones de cooperación y de competencia internacional acompañaron las primeras investigaciones sobre esta aleación al principio del siglo XX.

Caracterización cuantitativa y modelización de las cinéticas de precipitación : respecto a la precipitación anisoterma y los fenómenos acoplados 361
 A. Deschamps, M. Nicolas, F. Perrard, M. Perez

Este artículo de síntesis presenta un conjunto de trabajos que comprenden una marcha paralela de caracterización cuantitativa de estados de precipitación (talla, fracción volúmica) y de modelización de cinéticas de precipitación en estos mismos sistemas. Los métodos experimentales utilizados son esencialmente la difusión central de los rayos X y los neutrones, con la microscopía electrónica de Transmisión. La modelización se apoya en los modelos semi-analíticos (ecuaciones diferenciales acopladas) y numéricos (modelización por discretización de la distribución de tallas). Son estudiados diversos sistemas, en las aleaciones de aluminio y los aceros. Después están interesados en la precipitación isoterma, en la precipitación dinámica, la precipitación no-isoterma y la precipitación durante la soldadura.

Modelización micromecánica del comportamiento elástico-viscoplástico de los aceros IF y Dual-Phase 381
 S. Berbenni, V. Favier, M. Berveiller, X. Lemoine

Un modelo micromecánico basado en una aproximación auto-coherente nueva ha sido aplicado a la descripción del comportamiento elástico-viscoplástico de los aceros en una larga gama de velocidades de deformación. Una descripción fina, a la vez de las interacciones mecánicas entre heterogeneidades vía la transición de escala y del comportamiento local de cada fase, permite rendir cuenta de manera pertinente de los resultados experimentales obtenidos en tracción uniaxial en una gran variación de velocidades de deformación para aceros diferentes por su microestructura. Dos tipos de aceros han sido estudiados ; los aceros policristalinos ferríticos IF y los aceros Dual-Phase bifásicos ferrita-martensita.

Determinación de los gradientes locales de tensiones superficiales para diferentes microestructuras de aceros inoxidables 391
 V. Vignal, N. Mary, C. Valot, R. Oltra, L. Coudreuse

El método de determinación de las tensiones residuales por difracción de rayos X es aplicado a diferentes tipos de aceros inoxidables monofásicos, multifásicos o conteniendo una densidad elevada de inclusiones. Un modelo termomecánico implantado en un código de cálculo por elementos finitos se propone con el fin de determinar el campo de tensiones teniendo en cuenta la microestructura y la textura real de los materiales. Los cálculos numéricos son válidos comparando los valores obtenidos a los determinados experimentalmente y descubriendo por las observaciones con microscopía electrónica de barrido las zonas donde se inician las microfisuras.

Análisis crítico y determinación del límite de solubilidad del carbono en la ferrita 403
 J. Merlin, S. Garnier, M. Bouzekri, M. Soler

A pesar de los numerosos trabajos publicados, el límite de solubilidad del carbono en la ferrita permanece impreciso (entre 50 y 100 ppm a 600°C por ejemplo), lo que es insuficiente para la optimización del tratamiento de los aceros. Se ha buscado determinar esta solubilidad para un acero bajo en carbono y con 0,2 % de Mn utilizando un protocolo de medida basado en la determinación, por poder termoeléctrico, de la cantidad de carbono segregado sobre las dislocaciones después de la deformación. El límite de solubilidad ha sido así determinado con ± 2 ppm entre 550 y 730°C, y descrito por la relación : $C(\%wt) = 6,63 \exp(-11,8 \text{ kcal/mol/RT})$. El análisis realizado y los resultados obtenidos señalan el interés que tendría retomar un cierto número de estudios experimentales de base para alimentar las simulaciones.

Estabilidad térmica de las capas de difusión obtenidas por nitruración iónica a baja temperatura de los aceros inoxidables austeníticos del tipo AISI 304 413
 M. Zahzouh, A. Saker, S. Boudebane, S. Mechacht

Los mantenimientos isotermos de capas nitruradas sobre aceros AISI 304, de 4 a 3 000 h y a baja temperatura (< 450°C), muestran que su estabilidad depende de la temperatura de mantenimiento. A temperaturas superiores a 450°C, las capas, constituidas por una solución sólida desordenada metastable sobre saturada en nitrógeno (γ_N) se descomponen en un tiempo relativamente corto (4 h). Por el contrario, a temperaturas inferiores, no son ni desaturadas ni descompuestas, aún para mantenimientos sobre pasando las 3 000 h. A veces, se nota un aumento del espesor de las capas y una conservación de un nivel de dureza apreciable (800 HV₁₀).

Influencia del contenido en carbono sobre el sinterizado reaccional de mezclas de polvos W-Co-C 419
 S. Azem, M. Grosbras, S. Yefsah

A partir del sinterizado reaccional de la mezcla W-6%Co-C a 1 500°C bajo carga, el producto de la reacción entre los tres elementos depende de la proporción relativa de carbono y de cobalto. Para un contenido en carbono de 7 % en masa, se obtiene monocarburo WC sólo y una densificación para una fase líquida a bajo cobalto. Con un contenido en carbono mas bajo, se favorece la aparición del hemicarburo W₂C que reacciona con el cobalto para formar el carburo mixto CO₃W₂C₄. Esto eleva la dureza, pero disminuye la cantidad de fase líquida y ralentiza la densificación. En presencia del carbono mixto, el contenido en cobalto debe de ser suficiente para obtener la cantidad de fase líquida necesaria para la densificación. Con un contenido en carbono superior al 7 %, hay formación de WC, densificación por el cobalto y precipitación de grafito libre. La elección del contenido inicial de carbono permite actuar sobre la naturaleza de las fases formadas y las condiciones de densificación en presencia de una fase líquida.

Oxidación en el aire de refractarios a base de carburo y de nitruro de silicio 427
 A. Zymła, V. Zymła, T. Pawlik, M. Sopiccka-Lizer, J.-B. Guillot

La oxidación en el aire hacia 1 000°C de refractarios industriales formados de un granulado de carburo de silicio ligado por nitruro de silicio permanece de intensidad moderada. Afecta primeramente y sobretudo a la fase ligante nitrurada – que presenta la mayor porosidad inicial – y muy poco al carburo. Se acompaña de una disminución de la superficie específica, por formación de una capa protectora de sílice de espesor creciente, lo que ocasiona una ralentización de la reacción.