(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 532 386 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
17.04.1996 Bulletin 1996/16

(51) Int Cl.[6]: **C23C 8/22**

(21) Numéro de dépôt: **92402395.5**

(22) Date de dépôt: **03.09.1992**

(54) **Procédé et dispositif de cémentation d'un acier dans une atmosphère à basse pression**

Verfahren und Vorrichtung zum Aufkohlen von Stahl in einer Atmosphere von niedrigem Druck

Process and apparatus for carburizing steel in an atmosphere of low pressure

(84) Etats contractants désignés:
AT CH DE ES GB IT LI NL

(30) Priorité: **13.09.1991 FR 9111304**

(43) Date de publication de la demande:
17.03.1993 Bulletin 1993/11

(73) Titulaire: **INNOVATIQUE S.A.**
F-69680 Chassieu (FR)

(72) Inventeurs:
- **Dervieux, Georges**
  F-69800 St. Priest (FR)
- **Bares, Jean**
  F-94320 Thiais (FR)
- **Jacquot, Patrick**
  F-69680 Chassieu (FR)
- **Dubois, Sophie**
  F-69621 Villeurbanne (FR)
- **German, Joséphine**
  F-69360 Saint Symphorien d'Ozon (FR)

(74) Mandataire: **de Saint-Palais, Arnaud Marie et al**
CABINET MOUTARD
35, Avenue Victor Hugo
F-78960 Voisins le Bretonneux (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 049 530
DE-A- 2 748 125
FR-A- 926 776
GB-A- 1 510 481
GB-A- 1 559 690
US-A- 2 154 398
US-A- 4 160 680

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1)Convention sur le brevet européen).

EP 0 532 386 B1

Description

D'une manière générale, on sait que l'un des principaux traitements de durcissement superficiel des aciers le plus usité actuellement dans le domaine de la mécanique générale est, sans conteste, la cémentation.

Ce traitement, qui est décrit notamment dans les brevets GB-A-1 510 481 et GB-A-1 559 690, permet d'augmenter la dureté de surface, les caractéristiques mécaniques, la limite de fatigue superficielle ou de roulement, et la tenue à l'usure d'organes mécaniques fortement sollicités comme les engrenages, les axes de transmission, les cames, etc...

A l'heure actuelle, ce traitement est réalisé dans un four à charge (ou non) à l'intérieur duquel les pièces sont amenées à une température de traitement dans une atmosphère à base d'azote et de méthanol.

Cette technique, qui est très diffusée, présente cependant un certain nombre d'inconvénients dus, en grande partie, à l'oxygène présent dans l'atmosphère cémentante.

En effet, cet oxygène réagit à la surface de l'acier par phénomène d'oxydation intergranulaire. Cette dernière fragilise la structure superficielle en diminuant localement la dureté et surtout la limite de fatigue.

En outre, l'oxygène présent a pour effet de limiter le transfert du carbone au niveau de l'interface entre la phase gazeuse cémentante et le solide à cémenter. Ce phénomène limite donc la vitesse de cémentation.

Pour remédier à ces inconvénients, les équipements de cémentation sont fréquemment pourvus de sonde à oxygène et d'analyseur à infra-rouge, de façon à contrôler le potentiel carbone dans l'atmosphère.

Toutefois, bien que contrôlant la phase de cémentation, ces systèmes ne peuvent que limiter, mais sans cependant l'éliminer, l'effet néfaste de la présence de l'oxygène dans l'atmosphère de traitement. Par ailleurs, du point de vue mécanique, la couche superficielle présentant le phénomène d'oxydation intergranulaire, doit être généralement éliminée par de coûteuses opérations de rectification.

A ces inconvénients, s'ajoutent ceux résultant des particularités de la loi d'enrichissement en carbone d'un acier. Selon cette loi, l'enrichissement en carbone qui est linéaire en fonction du temps, en dessous du seuil de saturation de l'austénite, devient fonction de la racine carrée du temps au-delà de ce seuil (régime diffusionnel - loi de Fick).

Au cours de ce régime diffusionnel, il se produit un carbure de fer, très dur et très fragile appelé cémentite (Fe_3C) ainsi que de la suie.

En outre, compte tenu du fait que les traitements sont effectués à la pression atmosphérique, et que la teneur en gaz de traitement est difficilement contrôlable avec précision, on constate :

- une hétérogénéité de traitement,
- un contrôle impossible de l'enrichissement,
- un taux de "cracking" très faible du gaz de traitement (en général du CH_4) et un mauvais rendement en carbone bas.

Pour tenter d'éviter les effets néfastes de la surcarburation au cours du régime diffusionnel, on a proposé de réduire, au cours de cette phase, la teneur en gaz de traitement par dilution, en injectant dans le four un gaz neutre. Toutefois, cette solution ne permet pas d'obtenir une élimination totale du gaz de traitement et exige un temps relativement important pour réduire suffisamment le taux de gaz de traitement.

L'invention a donc plus particulièrement pour but de supprimer tous ces inconvénients.

Elle propose, à cet effet, un procédé de cémentation consistant à porter les pièces à traiter à une température comprise entre 800°C et 1100°C, dans une atmosphère gazeuse exempte d'oxygène maintenue par pompage à basse pression, et à procéder à une pluralité de phases d'enrichissement en carbone successives, obtenues chacune par une injection de durée limitée, d'un gaz de traitement comprenant un ou plusieurs hydrocarbures purs, chaque phase d'enrichissement présentant une durée inférieure au temps de passage en phase de saturation de l'austénite, ces phases d'enrichissement étant séparées par des phases de diffusion sous vide de plus grande durée permettant d'ajuster la teneur superficielle en carbone.

Selon l'invention, ce procédé est caractérisé en ce que la susdite pression est maintenue à une valeur comprise entre 1 et 10 mbar avec un débit gazeux tel que l'atmosphère cémentante soit saturée ou présente un haut potentiel cémentant, et en ce que les phases d'injection de gaz de traitement sont obtenues au moyen d'une pluralité de buses d'injection mises en oeuvre selon une séquence permettant d'engendrer un flux gazeux en mouvement sur les pièces à traiter.

Le principe de ce procédé de cémentation repose sur les mécanismes de dissociation des hydrocarbures à la pression et à la température de traitement qui conduisent à obtenir des hydrocarbures plus simples et finalement du carbone et de l'hydrogène, les principales réactions étant :

propane

$$C_3H_8 \rightleftharpoons 2C + 2H_2$$
$$C_3H_8 \rightleftharpoons C_2H_4 + CH_4$$

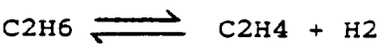
éthylène

$$C_2H_4 \rightleftharpoons 2C + 2H_2$$
$$C_2H_4 \rightleftharpoons C + CH_4$$

méthane



éthane

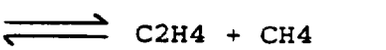


En fait, l'agent cémentant principal est l'éthylène issu du "cracking", du propane ou de l'éthane, le méthane étant le composé le moins efficace.

Le procédé précédemment décrit (pression réduite/température élevée) permet de s'affranchir de la plupart des inconvénients des techniques antérieures, tout en permettant un accroissement des cinétiques de cémentation.

Grâce au fait que la génération de carbone actif est obtenue par simple dissociation de molécules d'hydrocarbure, le mécanisme du transfert de carbone est considérablement simplifié.

Ce phénomène de dissociation est amélioré, à basse pression, en raison de la loi de déplacement des équilibres (loi de Le Chatelier) : une baisse de pression à température constante, produit la réaction qui entraîne une augmentation de volume du système et inversement. On constate que ce processus tend à favoriser les réactions du type :



Un autre avantage important du procédé selon l'invention consiste en ce qu'il permet de contrôler le temps de séjour du gaz dans le four : Dès que cesse l'injection (qui a causé une élévation de pression), le gaz se trouve rapidement pompé jusqu'à ce que la pression retourne à sa valeur initiale à laquelle la teneur en gaz de traitement est négligeable. Il devient alors possible d'éviter le passage en dessous du seuil de saturation de l'austénite et les inconvénients qui en résultent.

En outre, les consommations de gaz de traitement sont réduites, tandis que la sécurité du système est améliorée.

Comme précédemment mentionné, l'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé précédemment décrit, ce dispositif faisant intervenir un four de traitement thermique ou thermochimique sous vide, du type comprenant, à l'intérieur d'une enceinte étanche connectée à une station de pompage, un moufle thermiquement isolant équipé de moyens de chauffage, à l'intérieur duquel sont disposées les charges à traiter, et une pluralité de moyens permettant d'injecter à l'intérieur du four un gaz de traitement, la station de pompage étant conçue de manière à pouvoir obtenir à l'intérieur de l'enceinte, une pression de l'ordre de 1 à 10 mbar, et les moyens de chauffage étant conçus de manière à porter la charge disposée à l'intérieur du four, à une température comprise entre 800°C et 1100°C.

Il s'avère que dans les installations classiques de ce type, une des difficultés majeures à résoudre est d'obtenir une homogénéité du traitement sur toutes les pièces d'une charge et sur toutes les formes de chacune de ces pièces.

Pour atteindre cet objectif industriel, on a songé à faire tourner la charge contenant les pièces à traiter devant les buses d'injection d'hydrocarbure.

Toutefois, cette solution est délicate à mettre en oeuvre et manque de fiabilité industrielle en raison de la difficulté à mettre en rotation une charge portée à haute température.

Afin de résoudre ce problème, l'invention propose un système d'injection de gaz qui permet de faire tourner le flux gazeux d'hydrocarbure dans l'enceinte du four quelle que soit sa géométrie, et ceci, afin de cémenter tout type de pièces, de façon homogène, sans introduire de mécanisme complexe en partie chaude du four.

Pour parvenir à ce résultat, le dispositif selon l'invention est caractérisé en ce que les moyens d'injection comprennent une pluralité de buses d'injection connectées à des électrovannes respectives commandées par un calculateur programmé de manière à effectuer des phases d'injection présentant chacune une durée calculée de manière à être inférieure au temps de passage en phase de saturation de la phase austénitique de l'acier porté à haute température, chaque phase d'injection comprenant une séquence d'ouvertures et de fermetures successives des électrovannes, selon une séquence pré-établie, provoquant un déplacement de flux gazeux de traitement sur les pièces à traiter. La susdite séquence pourra être conçue de façon à obtenir une atmosphère de gaz cémentant pulsé, en mouvement permanent, circulaire ou hélicoïdal.

Des modes d'exécution de l'invention seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est un diagramme de température et de pression en fonction du temps, d'un cycle de cémentation à basse pression, conforme au procédé selon l'invention ;

La figure 2 est une représentation schématique d'une installation de traitement utilisant un four cloche ;

Les figures 3 et 4 sont des vues (respectivement axiale et radiale) du moufle du four utilisé dans l'installation de la figure 2, ces vues montrant l'implantation des buses d'injection de gaz de traitement ;

La figure 5 est une représentation schématique du circuit d'injection du gaz de traitement ;

La figure 6 est une représentation illustrant une séquence d'ouverture/fermeture des électrovannes du circuit de la figure 5 ;

La figure 7 est une vue schématique montrant un mode d'implantation des buses d'injection dans un four présentant un moufle parallélépipédique ;

La figure 8 montre l'implantation des buses dans la paroi latérale gauche, la paroi supérieure, et la paroi latérale droite du moufle représenté figure 7.

Tel que représenté sur la figure 1, le cycle thermique de cémentation comprend successivement :

- une première phase P_1 de montée en température allant de la température ambiante à une température de 760°C, cette élévation de température s'effectuant à une vitesse de 15°C/mn ;
- un premier palier P_2 (par exemple de 1 heure) à la température de 760°C ;
- une deuxième phase P_3 de montée en température amenant les pièces de la température du palier (760°C) à la température de traitement (ici de 980°C) ;
- une phase P_4 de maintien en température à la température de traitement ; et
- une phase P_5 de refroidissement pouvant consister par exemple en une trempe.

Au cours de ce cycle thermique, la pression à l'intérieur du four (indiquée en traits épais) est maintenue par pompage à une valeur relativement basse jusqu'à un instant t_1 qui suit une phase P_6 d'homogénéisation thermique des pièces à la température de traitement (par exemple 30 mn après que la température ait atteint la température de traitement).

En effet, à l'instant t_1, on amorce une première phase C_1 d'enrichissement en carbone, en effectuant une première injection de gaz de traitement, pendant une courte durée (de 1 s à 5 mn). Cette injection a pour effet d'accroître légèrement la pression pendant une durée calculée de manière à éviter de dépasser le seuil de saturation de l'austénite. Du fait du pompage du gaz injecté, la pression retourne ensuite rapidement à sa valeur initiale (instant t_2). La durée de cette phase d'enrichissement C_1 est, en général, de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes.

A partir de l'instant t_2, on amorce une première phase de diffusion D_1 (diffusion du carbone vers le coeur de l'acier) au cours de laquelle la température est maintenue à la température de traitement, et l'atmosphère à basse pression ne contient pratiquement plus de gaz de traitement pour permettre un enrichissement en carbone.

A la fin de cette phase de diffusion D_1, instant t_3, on déclenche une seconde phase d'enrichissement en carbone C_2 en effectuant une seconde injection de gaz de traitement. La durée de cette deuxième phase d'enrichissement peut être différente de celle de la première, à condition qu'on ne dépasse pas le seuil de saturation précédemment évoqué.

Le traitement se termine par la trempe sous vide au moyen d'huile ou de gaz surpressé (phase P_5) qui intervient (instant t_5) après une phase de diffusion D_2 (instant t_4) d'une durée sensiblement égale à celle de la phase de diffusion D_1.

Pendant la phase de trempe P_5, la température passe brutalement de la température de traitement à la température ambiante correspondant à l'opération de trempe de l'acier ou de durcissement de l'acier cémenté.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas au cycle de traitement précédemment décrit : Ainsi, par exemple, le nombre de phases d'enrichissement et le nombre de phases de diffusion pourraient être supérieurs à deux en fonction de la profondeur cémentée désirée.

La figure 2 montre une installation apte à effectuer un traitement de cémentation à basse pression utilisant un four de traitement thermique sous vide de type cloche, c'est-à-dire comprenant une enceinte étanche comportant un corps cylindrique 1, axé verticalement et ouvert dans sa partie inférieure, ce corps étant mobile et monté de façon étanche et déconnectable sur une base circulaire 2 formant la sole du four sur laquelle sont posées les pièces à traiter.

Le corps 1 renferme un moufle cylindrique 3 en matériau réfractaire, à l'intérieur duquel sont disposées des résistances chauffantes électriques 4 permettant d'assurer un chauffage des pièces par rayonnement.

Le volume intérieur du four est connecté à un circuit d'aspiration comprenant une pompe à vide 5 pilotée par un circuit de régulation au moins partiellement logé dans une armoire de commande 6.

Cette armoire de commande 6 renferme, par ailleurs, les instruments électroniques usuels tels que des afficheurs ou des enregistreurs ainsi que le dispositif de programmation et de régulation du chauffage.

Par ailleurs, le volume intérieur de l'enceinte est raccordé à un système d'injection de gaz de traitement comprenant une ou plusieurs (ici, une source de propane et une source d'azote) sources de gaz G_1, G_2 reliées à des buses d'injection 7 qui traversent l'ensemble corps 1/moufle 3, par l'intermédiaire d'un circuit comportant successivement un débit-mètre 8 et des électrovannes (bloc 9) associées chacune à une ou plusieurs buses d'injection 7.

Dans cet exemple, le four comprend six groupes de trois buses (B_1 à B_{18}) disposées verticalement les unes au-dessus des autres, ces groupes étant décalés angulairement de 60° les uns par rapport aux autres (figures 3 et 4).

La figure 6 est une vue déroulée de la surface cylindrique du moufle 3, dans laquelle on a indiqué les emplacements des buses d'injection B_1 à B_{18}, tandis que la figure 5 montre un mode d'exécution d'un circuit d'injection comprenant neuf électrovannes E_1 à E_9, à raison

d'une électrovanne pour deux buses d'injection appartenant chacune à deux groupes différents.

Le pilotage de l'ouverture et de la fermeture de ces électrovannes est réalisé par un micro-ordinateur 11 convenablement programmé de manière à obtenir, au cours des phases d'enrichissement, un courant de gaz cémentant pulsé en mouvement permanent.

En effectuant une séquence d'ouverture/fermeture des électrovannes associées aux buses d'injection représentées sur la figure 6 dans l'ordre suivant (1, 9, 17 - 2, 10, 18 - 3, 11, 13 - 4, 12, 14 - 15, 7, 5 - 16, 8, 6), on obtient une hélice montante et descendante. Avantageusement, chaque électrovanne pourra travailler pendant 2,77 centièmes de seconde pendant une boucle de durée de l'ordre de 0,5 seconde. Le gaz cémentant pourra, quant à lui, avoir à la sortie des buses d'injection une vitesse de 1,48 m/s.

Par ailleurs, deux électrovannes supplémentaires E_{10} et E_{11} sont prévues à la sortie des deux sources G_1, G_2 de manière à envoyer dans le circuit d'injection, soit le gaz cémentant (propane), soit le gaz neutre (azote) utilisé pour nettoyer les buses après chaque phase de cémentation.

Comme précédemment mentionné, la figure 7 montre un mode d'implantation des buses d'injection dans un four dont on a simplement représenté schématiquement le moufle 12, de forme parallélépipédique.

Dans cet exemple, les faces latérales droite et gauche FD, FG du moufle 12 sont traversées par trois batteries de cinq buses d'injection alignées horizontalement sur trois niveaux respectifs, chaque buse étant indiquée par un point.

La face supérieure FS du moufle 12 est, quant à elle, traversée par trois batteries de cinq buses d'injection axées parallèlement aux batteries des faces latérales.

Sur la figure 8, les buses de chacune de ces faces sont numérotées de +1 à +18 dans l'ordre de leur ouverture, au cours d'un cycle d'injection, étant entendu que l'électrovanne qui porte le même numéro sur chacune des trois faces du four, s'ouvre en même temps et que la séquence se déroule par ordre croissant des numéros. La vitesse d'injection du gaz en sortie des buses peut être, ici, de l'ordre de 4,71 m/s.

Grâce à cette disposition, on obtient à l'intérieur du moufle une hélice de gaz horizontale à chaque cycle d'ouverture/fermeture des électrovannes.

A titre d'exemple, dans un four cloche du type de celui décrit sur la figure 2, le traitement sur un rond de diamètre 40 mm, d'épaisseur 12 mm, un acier de type 16 MC 5, peut s'effectuer dans les conditions suivantes :

- température sur pièce = 960°C,
- débit de propane = 5 l/mn,
- temps total d'injection de propane = 423 s,
- pression = 3,7 mbar.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- profondeur conventionnelle cémentée = 5/10ème de millimètre,
- dureté superficielle (HV 0,1) = 690 à 724 HV,
- % carbone superficiel = 0,75 %,
- flux carbone (mg/h/cm^2) = 15,
- grosseur de grain = 7-8.

Revendications

1. Procédé de cémentation de pièces en acier, ce procédé consistant à porter les pièces à traiter à une température comprise entre 800°C et 1100°C, dans une atmosphère gazeuse exempte d'oxygène maintenue par pompage à une basse pression, et à procéder à une pluralité de phases d'enrichissement en carbone successives (C_1,C_2), obtenues chacune par une injection de durée limitée, d'un gaz de traitement comprenant un ou plusieurs hpydrocarbures purs, chaque phase d'enrichissement (C_1, C_2) présentant une durée inférieure au temps de passage en phase de saturation de la phase austénitique de l'acier porté à haute température, ces phases d'enrichissement (C_1, C_2) étant séparées par des phases de diffusion sous vide (D_1, D_2) de plus grande durée permettant d'ajuster la teneur superficielle en carbone,
caractérisé en ce que la susdite pression est maintenue à une valeur comprise entre 1 et 10 mbar avec un débit gazeux tel que l'atmosphère cémentante soit saturée ou présente un haut potentiel cémentant, et en ce que les phases d'injection de gaz de traitement sont obtenues au moyen d'une pluralité de buses d'injection mises en oeuvre selon une séquence permettant d'engendrer un flux gazeux en mouvement sur les pièces à traiter.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que le gaz injecté est du propane ou du méthane, dont le "cracking" ou la dissociation produit de l'éthylène et du méthane ainsi que l'agent cémentant principal, à savoir le carbone atomique, en créant une atmosphère saturée en carbone au moyen d'un débit gazeux initial adapté.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que l'injection est réalisée de manière à faire tourner le flux gazeux autour de la charge à traiter.

4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la durée de chaque phase d'injection est comprise entre 1 s et 5 mn et que la durée d'une phase de diffusion est toujours supérieure au temps d'injection de gaz cémentant qui précède ladite phase de diffusion.

5. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, ce dispositif faisant intervenir un four de traitement thermique sous vide du type comprenant, à l'intérieur d'une enceinte étanche (1, 2) connectée à une station de pompage (5), un moufle thermiquement isolant (3) équipé de moyens de chauffage (4), à l'intérieur duquel sont disposées les charges à traiter, et une pluralité de moyens (G_1, G_2, 7, 8, 9) permettant d'injecter à l'intérieur du four un gaz de traitement, la station de pompage (5) étant conçue de manière à pouvoir obtenir à l'intérieur de l'enceinte, une pression de l'ordre de 1 à 10 mbar, et les moyens de chauffage (4) étant conçus de manière à porter la charge disposée à l'intérieur du four, à une température comprise entre 800°C et 1100°C,
caractérisé en ce que les moyens d'injection (G_1, G_2, 7, 8, 9) comprennent une pluralité de buses d'injection (7) connectées à des électrovannes respectives (9) commandées par un calculateur (11) programmé de manière à effectuer des phases d'injection présentant chacune une durée calculée de manière à être inférieure au temps de passage en phase de saturation de la phase austénitique de l'acier porté à haute température, chaque phase d'injection comprenant une séquence d'ouvertures et de fermetures successives des électrovannes (9) selon une séquence pré-établie, provoquant un déplacement de flux gazeux de traitement sur les pièces à traiter.

6. Dispositif selon la revendication 5,
caractérisé en ce que chaque phase d'injection est réalisée au moyen d'une pluralité de buses d'injection (7) dont le débit est commandé par des électrovannes (9), la disposition des buses à l'intérieur du four et la commande des électrovannes (9) par le calculateur (11) étant conçues de manière à ce que le flux gazeux soit animé d'un mouvement de rotation autour de la charge.

7. Dispositif selon la revendication 6,
caractérisé en ce que le mouvement du flux gazeux est une hélice montante et descendante.

8. Dispositif selon la revendication 6,
caractérisé en ce que mouvement du flux gazeux est une hélice horizontale.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Härtung von Stahlteilen, wobei dieses Verfahren darin besteht, die zu behandelnden Teile auf eine Temperatur zwischen 800 und 1100°C in einer Sauerstoff-freien Gasatmosphäre zu bringen, die durch Pumpen auf einem niedrigen Druck gehalten wird, und mehrere aufeinanderfolgende Phasen (C_1, C_2) der Anreicherung mit Kohlenstoff durchzuführen, die je durch eine zeitlich begrenzte Injektion eines Behandlungsgases erhalten werden, das einen oder mehrere reine Kohlenwasserstoffe enthält, wobei jede Anreicherungsphase (C_1, C_2) kürzer ist als die Übergangsphase der austenitischen Phase des auf hohe Temperatur gebrachten Stahls in die Sättigungsphase, wobei diese Anreicherungsphasen (C_1, C_2) durch längere Phasen (D_1, D_2) einer Vakuumdiffusion getrennt sind, die es ermöglichen, den Oberflächengehalt an Kohlenstoff einzustellen,
dadurch gekennzeichnet, dass der Druck auf einem Wert zwischen 1 und 10 mbar mit einem solchen Gasdurchsatz gehalten wird, dass die härtende Atmosphäre gesättigt ist oder ein hohes Härtungspotential aufweist, und dass die Phasen der Injektion von Behandlungsgas mittels einer Vielzahl von Injektionsdüsen erhalten werden, die gemäss einer Folge verwendet werden, die es ermöglicht, einen Gasfluss zu erzeugen, der sich über die zu behandelnden Teile hinweg bewegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass das injizierte Gas Propangas oder Methangas ist, dessen "Cracking" oder Zerfall Äthylen und Methan sowie das Haupthärtungsmittel erzeugt, d.h. den atomaren Kohlenstoff, indem mittels eines angepassten ursprünglichen Gasdurchsatzes eine mit Kohlenstoff gesättigte Atmosphäre erzeugt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Injektion so erfolgt, dass der Gasfluss um die zu härtende Ladung gedreht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Dauer jeder Injektionsphase zwischen 1 s und 5 min liegt und dass die Dauer einer Diffusionsphase immer länger ist als die Injektionszeit des härtenden Gases, die vor dieser Diffusionsphase liegt.

5. Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei diese Vorrichtung einen Vakuumhärteofen der Art verwendet, der im Inneren eines dichten Raumes (1, 2) der mit einer Pumpstation (5) verbunden ist, einen mit Heizmitteln (4) versehenen wärmeisolierenden Muffel (3), in dessen Innerem die zu behandelnden Ladungen angeordnet sind, und eine Vielzahl von Mitteln (G_1, G_2, 7, 8, 9) aufweist, die es ermöglichen, ein Behandlungsgas ins Innere des Ofens zu injizieren, wobei die Pumpstation (5) so ausgebildet ist, dass man im Inneren des Raums einen Druck der Grössenordnung von 1 bis 10 mbar erhalten kann,

und dass die Heizmittel (4) derart ausgebildet sind, dass sie die im Inneren des Ofens angeordnete Ladung auf eine Temperatur zwischen 800 und 1100°C bringen,
dadurch gekennzeichnet, dass die Injektionsmittel (G_1, G_2, 7, 8, 9) eine Vielzahl von Injektionsdüsen (7) aufweisen, die je mit Elektroventilen (9) verbunden sind, die von einem Rechner (11) gesteuert werden, der so programmiert ist, dass Injektionsphasen durchgeführt werden, die je eine derart berechnete Dauer haben, dass sie kürzer sind als die Zeit des Übergangs der austenitischen Phase des auf hohe Temperatur gebrachten Stahls in die Sättigungsphase, wobei jede Injektonsphase eine Folge von aufeinanderfolgenden Öffnungen und Schliessungen der Elektroventile (9) gemäss einer vorbestimmten Folge aufweist, die eine Bewegung des Behandlungsgasflusses auf den zu behandelnden Teilen bewirkt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass jede Injektionsphase mittels einer Vielzahl von Injektionsdüsen (7) erfolgt, deren Durchsatz von Elektroventilen (9) gesteuert wird, wobei die Anordnung der Düsen im Inneren des Ofens und die Steuerung der Elektroventile (9) durch den Rechner (11) so ausgelegt sind, dass der Gasfluss mit einer Drehbewegung um die Ladung bewegt wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Gasflusses eine ansteigende und abfallende Schraube ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Gasflusses eine waagerechte Schraube ist.

Claims

1. A method for carburizing steel parts, said method consisting in bringing the parts to be processed to a temperature included between 800°C and 1100°C, preferably above 900°C, in a gaseous atmosphere devoid of oxygen, maintained by pumping at a low pressure, and in proceeding with a plurality of successive carbon enrichment phases (C_1, C_2) each obtained by an injection of limited duration of a processing gas comprising one or more pure hydrocarbons, each enrichment phase (C_1, C_2) having a duration lower than the time of passage into the saturation phase of the austenite phase of steel raised to a high temperature, said enrichment phases (C_1, C_2) being separated by diffusion phases under vacuum (D_1, D_2) of greater duration enabling the superficial carbon content to be adjusted, characterized in that said pressure is maintained at a value included between 1 and 10 mbars with a gas flow such that the carburizing atmosphere is saturated or has a high carburizing potential, and in that the processing gas injection phases are obtained by means of a plurality of injection nozzles working according to a sequence enabling a flow of gas in motion to be generated on said parts to be processed.

2. The method as claimed in claim 1, characterized in that the gas injected is propane or methane, of which the cracking or dissociation produces ethylene and methane as well as the principal carburizing agent, i.e. atomic carbon, by creating a carbon-saturated atmosphere by means of a suitable initial gas flow.

3. The method as claimed in any one of the previous claims, characterized in that the injecting is performed in such a way as to rotate the gas flow around the batch to be processed.

4. The device as claimed in claim 1,
characterized in that the duration of each injection phase is included between 1 s and 5 mn and in that the duration of said diffusion phases is always greater than the preceding injection time of carburizing gas.

5. A device for implementing the method as claimed in any one of the previous claims, said device using a tempering vacuum furnace, comprising, inside an airtight box (1, 2) connected to a pumping unit (5), a thermally insulated muffle (3) equipped with heating means (4), inside which are disposed the batches to be processed, and a plurality of means (G_1, G_2, 7, 8, 9) enabling a processing gas to be injected into said furnace, said pumping (5) unit being designed so that a pressure of the order of 1 to 10 mbars can be obtained inside said box, and said heating means (4) being designed to bring the batch disposed inside said furnace to a temperature included between 800°C and 1,100°C, characterized in that said injecting means (G_1, G_2, 7, 8, 9) comprise a plurality of injection nozzles (7) connected to respective electrovalves (9) controlled by a computer (11) programmed so as to carry out injection phases, each of a duration calculated so as to be loxwer than the time for reaching the saturation phase of the austenite phase of the steel brought to a high temperature, each injection phase comprising a sequence of successive openings and closings of the electrovalves (9) according to a preestablished sequence causing a displacement of the processing gas flow onto the parts to be processed

6. The device as claimed in claim 5, characterized in that each injection phase is carried out by means of

a plurality of injection nozzles (7) of which the flow is controlled by electrovalves, (9) the layout of the nozzles inside the furnace and the controll the electrovalves (9) by the computer (11) being designed so as to obtain a rotating movement of the gas flow around the batch.

7. The device as claimed in claim 6, characterized in that the movement of the gas flow is a rising and falling helix.

8. The device as claimed in claim 6, characterized in that the movement of the gas flow is a horizontal helix.

FIG. 1

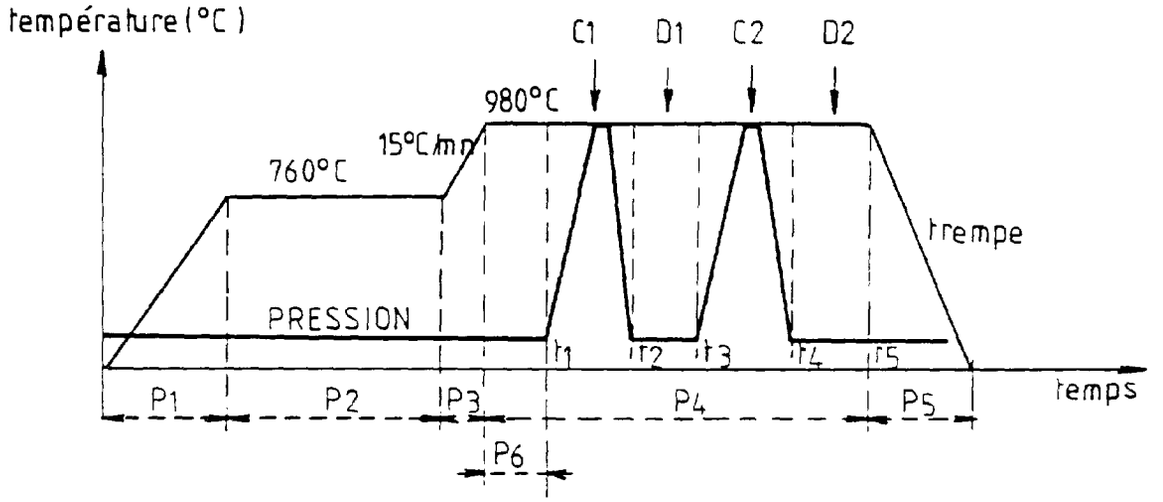

température (°C)
C1
D1
C2
D2
980°C
15°C/mn
760°C
trempe
PRESSION
t1
t2
t3
t4
t5
temps
P1
P2
P3
P4
P5
P6

FIG. 2

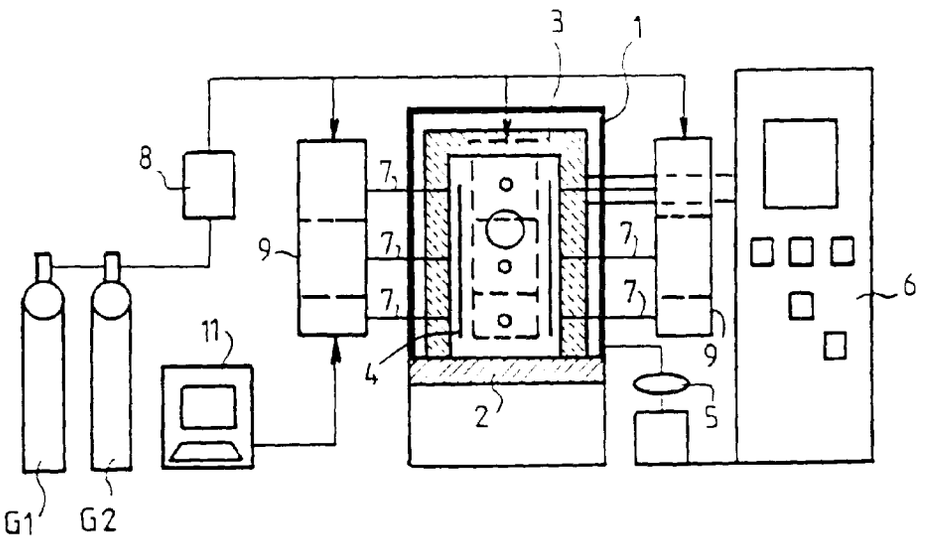

3
1
8
7
9
11
4
2
5
6
G1
G2

FIG. 3

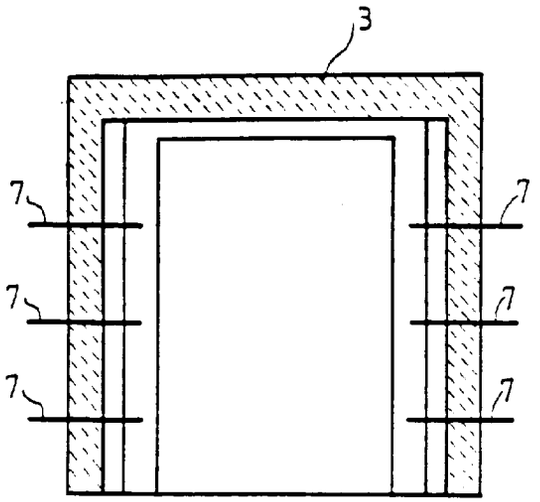


FIG. 4

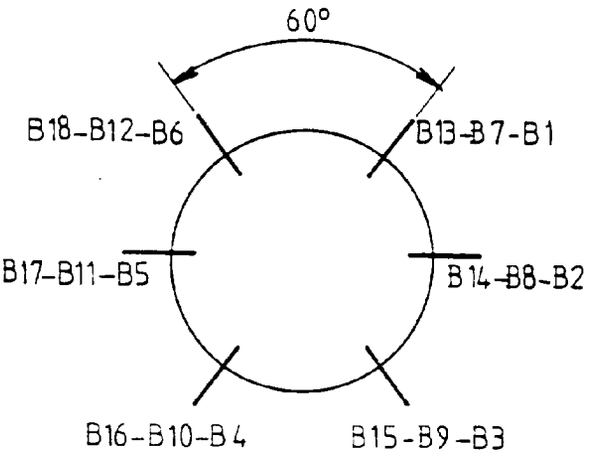


FIG. 5

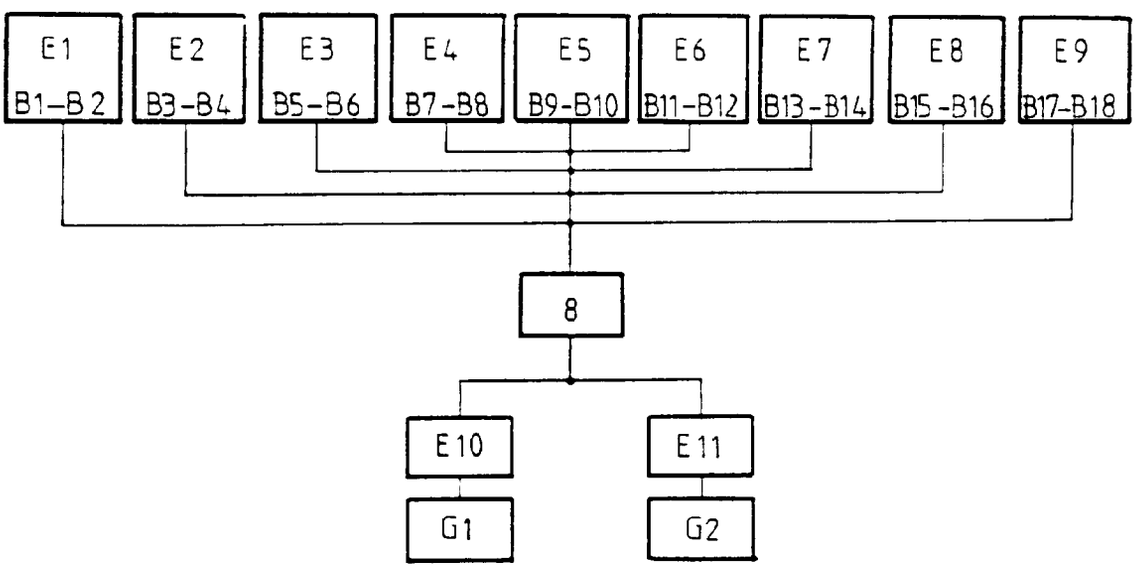


FIG.6

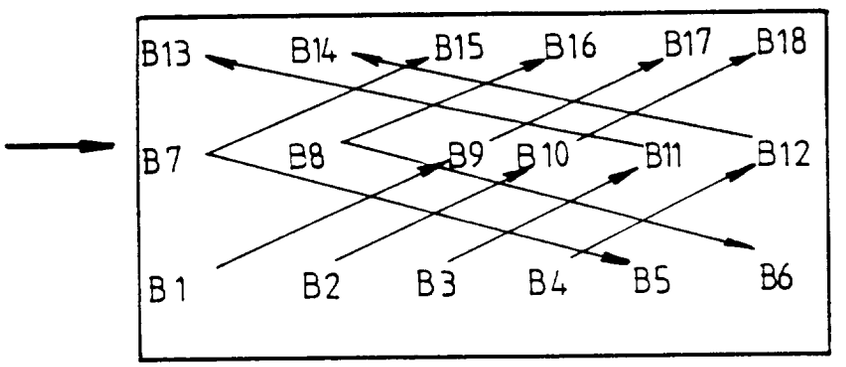

B13
B14
B15
B16
B17
B18
B7
B8
B9
B10
B11
B12
B1
B2
B3
B4
B5
B6

FIG. 7

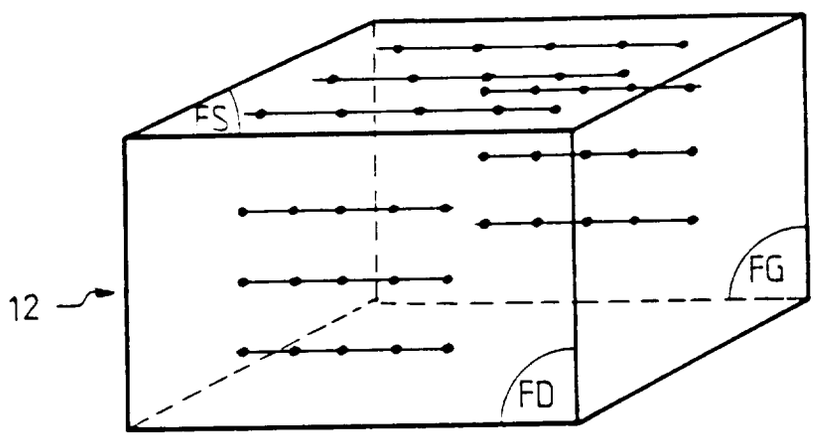
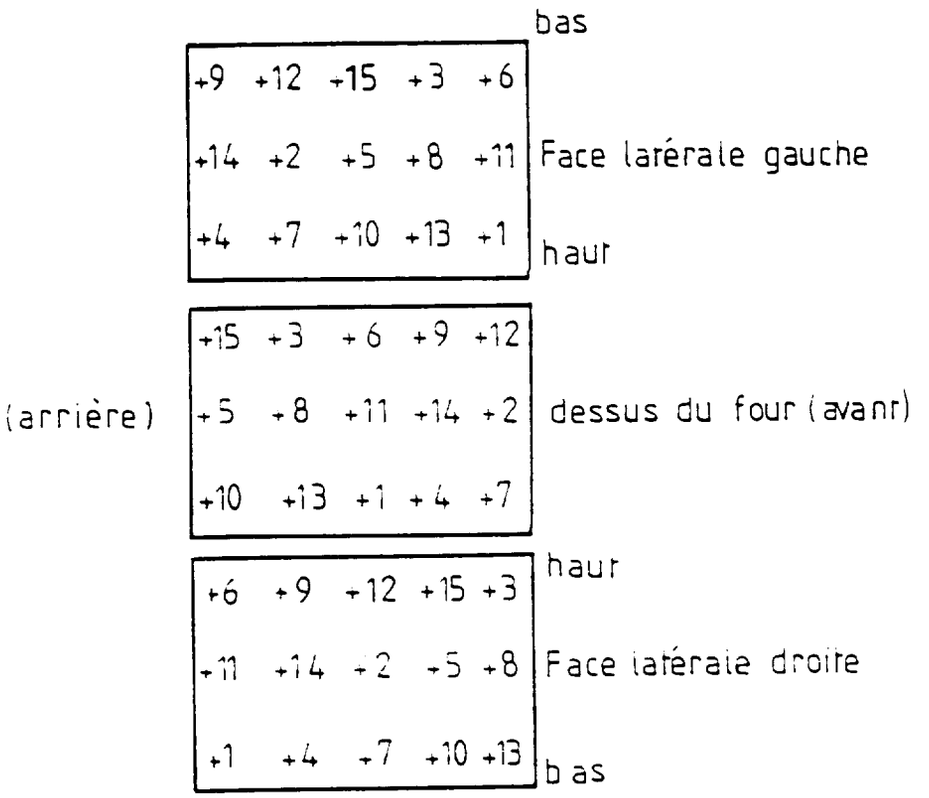

FS
FG
FD
12

FIG.8


bas
+9 +12 +15 +3 +6
+14 +2 +5 +8 +11
Face larérale gauche
+4 +7 +10 +13 +1
haur
(arrière)
+15 +3 +6 +9 +12
+5 +8 +11 +14 +2
dessus du four (avant)
+10 +13 +1 +4 +7
haur
+6 +9 +12 +15 +3
+11 +14 +2 +5 +8
Face latérale droite
+1 +4 +7 +10 +13
bas