

Le traitement thermique des extrémités des rails,

par M. J. SERVAIS,

Chef des essais du matériel de la Voie à la Société Nationale des chemins de fer belges.

L'examen des statistiques de bris de rails des divers réseaux de chemins de fer fait apparaître que plus de 80 % des bris se produisent dans les extrémités éclissées.

Encore convient-il de noter que ce chiffre ne comprend pas les rails retirés des voies pour fêlure à l'about ou étoilure des trous d'éclisses.

Dans beaucoup de cas, le pourcentage

global des bris et avaries dans les extrémités dépasse 90 % du nombre total des retraits accidentels de rails en service.

Ces bris et avaries trouvent leur origine dans le fait que les abouts des rails présentent, après peu de temps de service, un écrasement du bourelet dû aux chocs répétés auxquels donne lieu l'abordage des joints par les essieux lourds.

Il en résulte une dénivellation de la

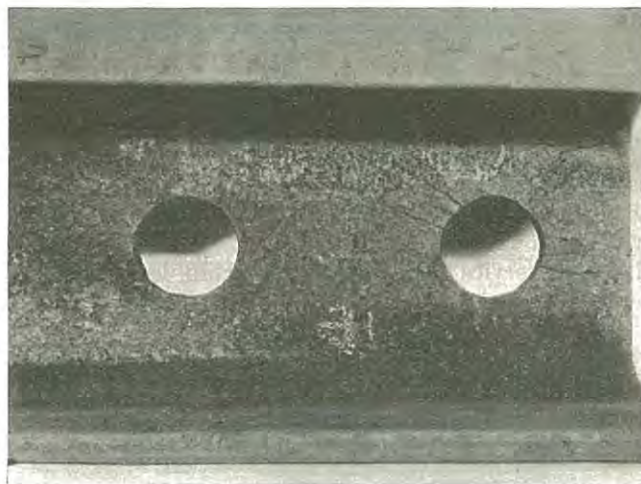


Fig. 1.

surface de roulement, qui provoque des battements caractéristiques et continuels aux passages des trains.

Ces battements s'amplifient rapidement et provoquent la dislocation de l'assemblage du joint et le matage des portées d'éclisses. Une fois le jeu créé, les réactions violentes s'accroissent et augmentent la fatigue des extrémités des rails; des fêlures s'amorcent dans l'âme

aux extrémités, soit à la naissance du bourelet ou du patin, soit dans les trous d'éclisses.

Ces fêlures progressent plus ou moins rapidement, suivant le degré de fragilité du métal, se rejoignent et donnent lieu finalement à des bris nombreux.

Les figures 1 à 3 montrent des cas typiques de ce genre de défaut.

Au cours de ces dernières années, il a

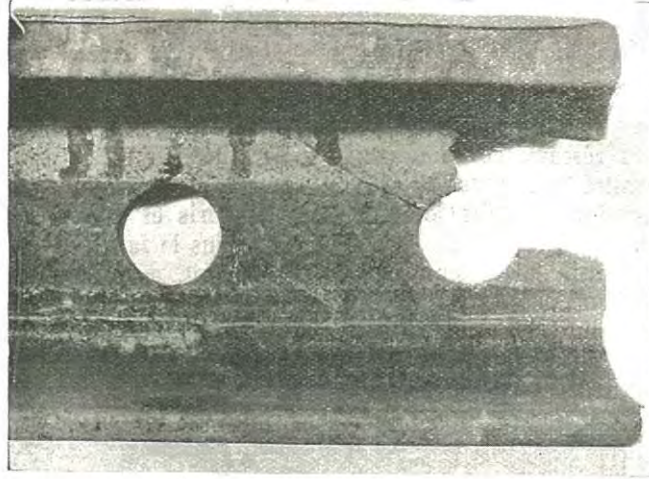


Fig. 2.

été fait usage, en grandes quantités, d'éclisses rematricées présentant, dans la partie centrale, un renflement de matière destiné, en principe, à racheter les jeux qui se produisent en service par le maillage des portées d'éclisses.

A l'usage, ce système de rachat d'usure se révèle souvent inefficace, par suite de l'impossibilité de faire épouser exactement par les éclisses, et au moment opportun, les dénivellations très variables et les irrégularités des surfaces à réunir.

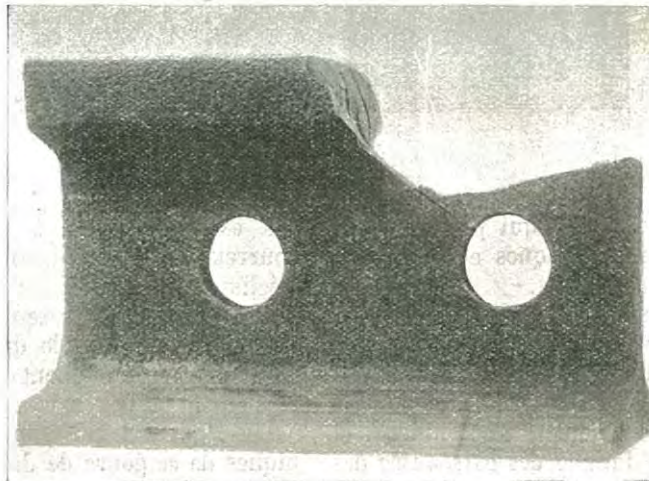


Fig. 3.

Le rechargement sur place des abouts écrasés, au moyen de la soudure, a également été préconisé et appliqué comme remède aux inconvénients graves signalés ci-dessus.

Ce procédé ne constitue évidemment qu'un palliatif. Le travail est entièrement assujéti à l'adresse de l'opérateur et doit se faire, la plupart du temps, dans des conditions très difficiles, surtout dans les voies à trafic intense. Les irrégularités fréquentes, et les insuccès enregistrés, rendent ce moyen encore peu efficace et, pour le surplus, souvent peu économique.

Différents procédés de traitement des rails « in situ » ont été aussi proposés. Ici les conditions de mise en pratique sont les mêmes que pour le rechargement et, dans ces deux cas, la portion du profil améliorée ainsi n'est que très restreinte et ne comprend que la surface de roulement.

Le véritable but à atteindre est de prévenir efficacement les avaries, ou tout au moins de les retarder suffisamment, pour qu'elles ne puissent nuire à la vie normale du rail.

Il faut donc agir sur lui pendant sa fabrication, alors que le traitement auquel on le soumet peut être sérieusement contrôlé pour aboutir à un effet régulier, en se réservant la possibilité d'éliminer les barres sur lesquelles le traitement aurait été sans action suffisante.

L'utilisation des rails traités thermiquement sur toute leur longueur pourrait remédier aux effets destructeurs définis ci-dessus; mais l'outillage nécessaire pour réaliser ces procédés de traitement comporte des installations spéciales importantes et coûteuses.

On a donc recherché une solution plus simple, capable de donner satisfaction avec un maximum de sécurité et un minimum de frais.

Depuis 1933, les Chemins de fer belges ont mis à l'essai un certain nombre de rails dont les extrémités seules ont subi un traitement thermique.

Ce traitement ⁽¹⁾ consiste soit à refroidir rapidement les bouts des rails à leur sortie du laminoir, soit à réchauffer les extrémités des rails froids (neufs ou usagés) et à les refroidir ensuite suffisamment vite pour atteindre les conditions de trempe désirées. Ce refroidissement est obtenu dans les 2 cas à l'aide d'un outillage simple et spécialement étudié.

Le réchauffage des extrémités de rails froids permet de bénéficier d'un effet de recuit qui entraîne un affinage du grain et réalise un équilibre structural préalablement à la trempe, amélioration que ne peut procurer le refroidissement direct à la sortie du laminoir.

On trempe, à des degrés différents, les éléments de la section du rail, c'est-à-dire qu'on fait agir les fluides de trempe sous des pressions variables et pendant des temps qui diffèrent pour les divers éléments du profil (surface de roulement, surfaces latérales du bourrelet, âme dans la région des trous de boulons d'éclisses, portées d'éclissage), de manière à donner à chaque portion de section transversale le degré de trempe optimum et les améliorations de structure capables d'assurer aux extrémités des rails les qualités mécaniques les mieux appropriées aux efforts auxquels elles sont soumises en service. Comme fluide refroidisseur, on a choisi, de préférence, l'air comprimé, qui a donné les meilleurs résultats comme régularité et sécurité.

(1) Ce procédé breveté a été mis au point aux laminoirs de Belval, de la Société Métallurgique des Terres Rouges à Esch-sur-Alzette (Grand-Duché de Luxembourg).

En septembre 1933, 58 rails, du profil 50 kgr. par mètre, de 27 m. de longueur, traités aux bouts, furent posés à Tirlemont dans la voie rapide Liège-Bruxelles; jusqu'à présent les extrémités de ces rails n'accusent que de très faibles dénivellations (maximum : 0.3 mm.) sans bavure aux bouts.

Par contre, sur les rails ordinaires posés en 1933 en même temps, et même sur ceux posés en 1934, des dénivellations allant de 0.3 à 0.6 mm. et des bavures rétrécissant les joints dans le plan de roulement de 3 à 4 mm. ont été constatées.

Sur les rails traités aux extrémités, la légère dénivellation constatée ne s'étend en longueur que sur une zone très courte (2 à 3 cm.), tandis qu'elle s'étend sur 8 à 10 cm. sur les rails ordinaires.

Il en résulte une amélioration sensible du roulement des trains sur les rails à bouts traités.

En outre, aucune fêlure dans l'âme, aucune fissure aux trous d'éclisses n'a été constatée jusqu'à présent.

En 1934, une nouvelle série de 60 rails de 27 m. de longueur, traités aux extrémités, fut posée dans la voie à circulation intense Namur-Bruxelles, à Mont-St.-Guibert. Ces rails marquent une supériorité bien nette sur les rails ordinaires.

En présence de ces résultats et des avantages que procure ce traitement, la Société Nationale des chemins de fer belges a posé, en 1935, environ 3 000 rails de 27 m. de longueur, avec

bouts traités, qui ont été répartis sur les grandes lignes du réseau. Un nombre de barres de 27 mètres de la même importance sera mis en œuvre au cours de l'année 1936.

* * *

Divers essais mécaniques et de nombreux contrôles micrographiques ont été faits sur les rails ainsi traités et ont confirmé les bons résultats que l'on est en droit d'attendre d'une application systématique de ce procédé de traitement.

Nous donnons ci-après les résultats des essais récents effectués sur des rails du profil 50 kgr., traités aux bouts, choisis dans la fabrication courante. Ces résultats peuvent être considérés comme des moyennes pouvant être obtenues normalement.

A. — Analyses chimiques.

Les analyses chimiques des rails essayés sont comprises dans l'échelle des teneurs suivantes :

SOUFRE	de 0.03 % à 0.05 %.
PHOSPHORE	de 0.04 % à 0.065 %.
SILICIUM	de 0.12 % à 0.18 %.
CARBONE	de 0.40 % à 0.48 %.
MANGANÈSE	de 0.88 % à 1.05 %.

B. — Essais de traction.

Les résultats obtenus sur rails au naturel et sur bouts traités avec éprouvettes de 13.8 mm. de diamètre, prélevées dans l'axe du bourrelet à 17.5 mm. de la surface de roulement, ont varié dans les limites suivantes :

Caractéristiques mécaniques :	Rails au naturel :	Bout traité :
Limite élastique apparente . .	35 à 40 kgr./mm ² .	Moyenne : 48 kgr./mm ² .
Résistance à la rupture . . .	68.5 à 76 kgr./mm ² .	Moyenne : 81.9 kgr./mm ² .
Allongement %	21 à 15 %.	Moyenne : 11.9 %.
Striction %	46 à 38 %.	Moyenne : 20 %.

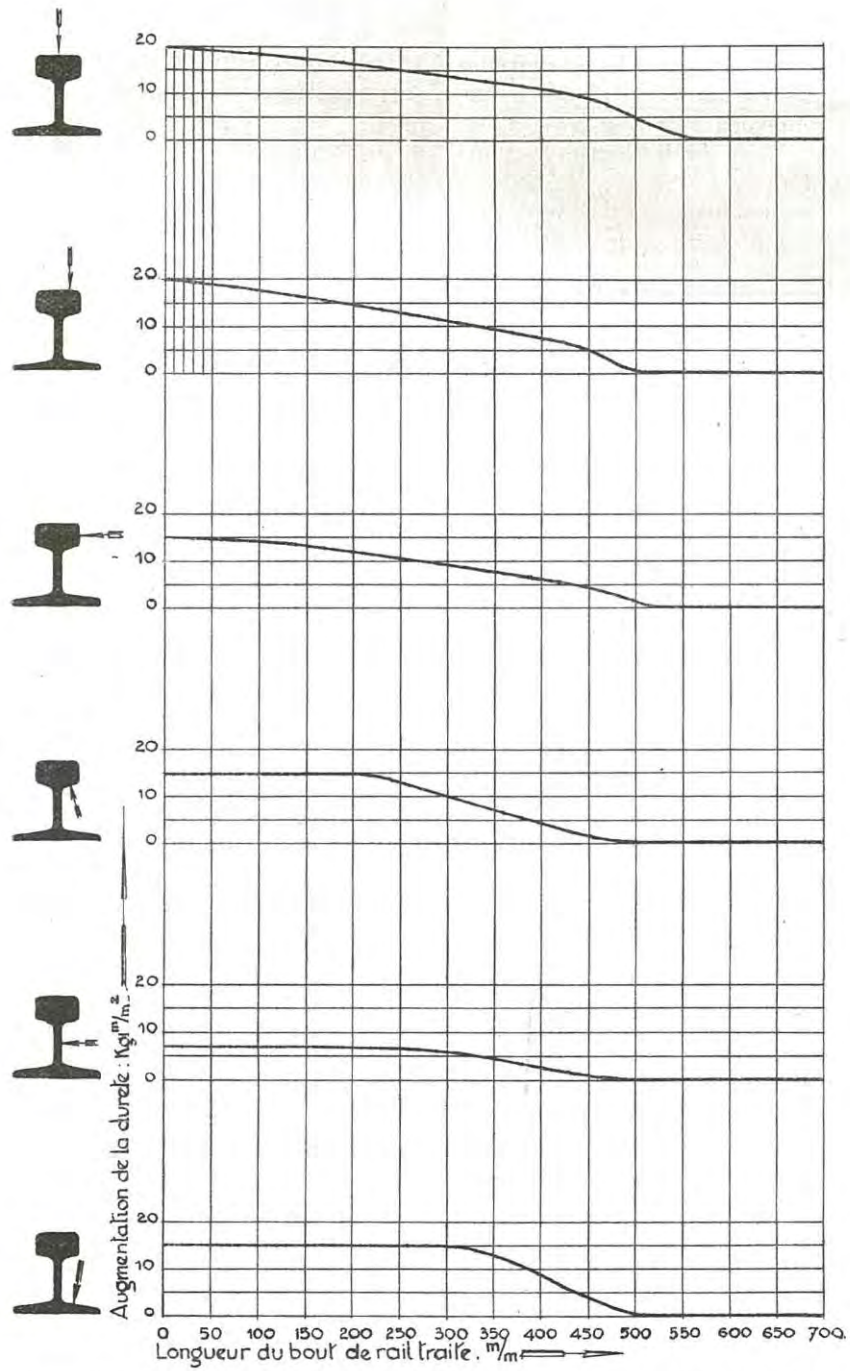


Fig. 4. — Graphique de l'augmentation de la dureté et de sa répartition sur les rails type E. B. 50 kgr. d'une résistance minimum de 70 kgr./ mm^2 .

Il est à remarquer que les éprouvettes ont été prélevées à 17.5 mm. de la surface de roulement : c'est-à-dire, à un endroit où l'effet du traitement est forcément réduit.

A titre documentaire, nous avons prélevé deux éprouvettes de traction à

12 mm. de la surface de roulement, de part et d'autre de l'axe de symétrie du profil, dans le bourrelet d'un rail, de nuance dure, dont la teneur en carbone était de 0.46; nous avons obtenu les résultats suivants :

Caractéristiques mécaniques :	Rail au naturel :	Bout traité :	
		Eprouvette I.	Eprouvette II.
Limite élastique apparente .	40.1 kgr./mm ² .	59.5 kgr./mm ² .	60.9 kgr./mm ² .
Résistance à la rupture . .	77 kgr./mm ² .	89.3 kgr./mm ² .	91.8 kgr./mm ² .
Allongement %	16 %.	9.5 %.	10 %.
Striction %	37.8 %.	17.9 %.	20.5 %.

Une éprouvette de traction, prélevée dans le patin du même bout de rail traité, a donné :

Limite élastique apparente .	53.5 kgr./mm ² .
Résistance à la rupture . .	86.6 kgr./mm ² .
Allongement	12.5 %.
Striction	23.1 %.

C. — Essais de chocs.

Des essais de chocs ont été pratiqués sur des coupons de rails de 1 mètre de longueur, reposant sur des appuis distants de 800 mm.

Le poids du mouton était de 1 000 kgr. et la hauteur de chute de 6 m.

Le premier choc fut donné sur les coupons reposant sur le patin. Ils furent ensuite retournés après chaque coup.

Tous les coupons dont l'extrémité traitée reposait sur un des appuis ont supporté 4 chocs successifs sans se rompre, ni présenter de fissurations dans aucune de leurs parties.

D. — Essais de résilience.

La résilience obtenue sur métal traité

n'a généralement pas été inférieure à celle obtenue sur métal au naturel; elle a varié de 2.72 à 6.33 kgrm./cm², pour des nuances d'acier dur donnant des résistances de 76 à 78 kgr./mm².

E. — Essais de dureté Brinell.

Le graphique ci-joint (fig. 4) indique les augmentations de la dureté et leur répartition dans le sens longitudinal sur les différentes faces traitées.

Les billages ont été faits avec bille de 10 mm. sous charge de 3 000 kgr., maintenue pendant 15 secondes.

F. — Examens micrographiques.

Nous donnons ci-après une série de micrographies qui montrent l'amélioration de la structure obtenue par le traitement. Le refroidissement par l'air comprimé tend à la sorbitisation de la perlite. L'effet du traitement se fait sentir dans toute la section du rail.

La transition entre la partie traitée et non traitée du rail est lente et progressive.

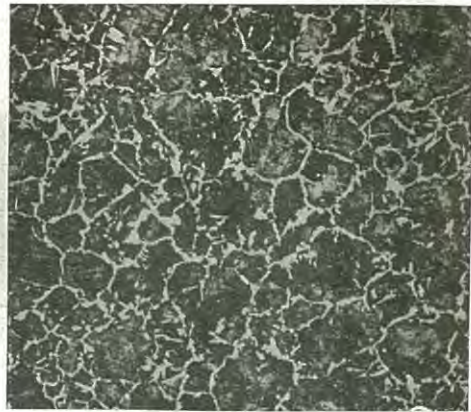
Les micrographies ont été prises dans l'axe de symétrie du profil du rail.

Métal au naturel (sans traitement).



75 ×

Fig. 5 — A 3 mm. de la surface de roulement.



75 ×

Fig. 6 — A 15 mm. de la surface de roulement.

Texture réticulaire. Réseau de ferrite proeutectoïde et de perlite.

Extrémité traitée thermiquement.



75 ×

Fig. 7 — A 1 mm. de la surface de roulement.

Texture sorbitique avec flots de ferrite. Le réseau de ferrite est disloqué.



75 ×

Fig. 8 — A 2 mm. de la surface de roulement.



75 ×

Fig. 9 — A 3 mm. de la surface de roulement.



75 ×

Fig. 10 — A 4 mm. de la surface de roulement.

Texture sorbitique avec flots de ferrite. Le réseau de ferrite est disloqué.



Fig. 11. — A 10 mm. de la surface
de roulement.



Fig. 12. — A 15 mm. de la surface
de roulement.

Réseau de ferrite, de perlite et de sorbite.



Fig. 13. — Ame. — Réseau de ferrite,
de perlite et de sorbite.
Fine cristallisation.

Conclusions.

Les résultats obtenus en service par la Société Nationale des chemins de fer belges, au moyen de rails traités thermiquement aux extrémités, sont très encourageants.

Les essais mécaniques et métallographiques montrent bien que les usures et écrasements de la table de roulement aux abouts des barres, de même que les usures des plans d'éclissage des rails traités pourront être fortement diminués.

Le traitement peut être facilement contrôlé et permet d'obtenir, dans les différentes parties du profil, une amélioration de la structure et des caractéristiques mécaniques du métal, d'où il résultera une diminution très sensible du nombre des fêlures et bris des extrémités des rails.

Bien entendu, comme dans tous les procédés de trempe d'acier dur, il convient de ne pas exagérer la vitesse du refroidissement, ni partir d'une dureté initiale de métal trop grande. A cet égard, l'équilibre structural que procure le recuit obtenu par réchauffage des bouts de rails froids préalablement à la trempe est à recommander spécialement.