



CONSEILS GENERAUX SUR LE FORGEAGE

ET LES TRAITEMENTS THERMIQUES

D'ACIERS DE COUTELLERIE ARTISANALE

N°1

Table des matières

Chapitre 1	Présentation de la Guilde Française des Couteliers Forgerons	page 3
Chapitre 2	Introduction	page 5
Chapitre 3	Avertissements	page 6
Chapitre 4	Vocabulaire de base	page 7
Chapitre 5	Fibrage , Forgeage de l'acier	page 11
Chapitre 6	Classification des aciers	page 12
Chapitre 7	Liste d'aciers couramment utilisés	page 16
Chapitre 8	Tableau de comparaison entre les couleurs de l'acier au feu et les températures atteintes	page 17
Chapitre 9	Equipement de l'atelier	page 18
Chapitre 10	Forgeage : Généralités	page 21
Chapitre 11	Forgeage d'une lame	page 23
Chapitre 12	Les Recuits	page 26
Chapitre 13	Durcissement par trempe	page 28
Chapitre 14	Traitement par le froid – Cryogénie	page 32
Chapitre 15	Les Revenus	page 34
Chapitre 16	Adresses utiles	page 38
Chapitre 17	Quelques conseils pratiques	page 40
Chapitre 18	Remerciements	page 42

Chapitre 1

Présentation de la Guilde Française des Couteliers Forgerons

Il s'agit d'une association type loi 1901 dont le but est de promouvoir et faire connaître au public la forge et les armes blanches forgées par les couteliers de l'association. Ces Couteliers Forgerons sont, soit des artisans professionnels, soit des amateurs. Les lames peuvent être en acier au carbone, en acier dit damas (mille feuilles de couches d'acier dur et d'acier tendre soudées à la forge et qui donnent après révélation à l'acide une lame aux motifs artistiques intéressants).

De plus la combinaison des deux aciers donne une lame souple qui ne casse pas facilement tout en gardant un bon pouvoir de coupe. Les manches sont en divers matériaux depuis l'ivoire fossilisé de mammoth en passant par des bois aux veinages et coloris variés : ébènes, palissandres, cocobolo, bois de rose, bois de fer, olivier, etc...

Les lames forgées reçoivent de la part du coutelier une série de traitements thermiques destinés à leur apporter le maximum d'efficacité selon les usages auxquelles elles sont destinées. Chaque coutelier possède souvent plus ou moins de tours de main dans la fabrication et les traitements thermiques des couteaux qu'il vend.

Ainsi, chaque pièce réalisée est unique en son genre.

Afin de vérifier le savoir-faire des couteliers, une série de tests sont effectués. Chaque Coutelier Forgeron qui le désire peut effectuer avec un de ses couteaux les dits tests. Si le couteau passe avec succès la série de tests auxquels il est soumis, le Coutelier Forgeron se verra attribuer un niveau et une marque à frapper témoignant du degré de connaissances qu'il a acquises et met en œuvre.

Il existe plusieurs de ces niveaux, chacun plus difficile à atteindre que le précédent. La procédure pour passer ces tests est assez stricte. De plus, ils ont lieu lors des salons de coutellerie désignés à l'avance, entre autres le salon officiel de la Guilde qui a lieu chaque année en Lozère, à Pont de Montvert.

Chaque participant peut assister aux tests en public et vérifier leur bon fonctionnement. Les réunions entre Couteliers Forgerons durant les salons se passent dans un esprit de saine compétition avec échange de tours de métier. Lors du salon

annuel de Pont de Montvert, tous les adhérents, couteliers ou non, se réunissent autour d'une table. Ces réunions et soirées ne sont pas parmi les moins appréciées !

Un des autres buts de la Guilde est de faire découvrir à qui le désire, le forgeage de l'acier. Il existe un tarif jeune jusqu'à 20 ans inclus, ainsi que divers autres avantages accordés aux adhérents.

Toutes les personnes intéressées par la forge et/ou les armes blanches au sein de l'association sont invitées à contacter :

Président
Yves PELLEQUER (~~vice-président~~)
La Vialasse
48220 PONT DE MONTVERT ☎ 04.66.45.83.23

ou

Paul MADRULLI (Trésorier) *04-90-56-96-95*
Résidence Sainte-Catherine – BAT. B
Chemin du Touret 13300 SALON DE PROVENCE



Chapitre 2 - Introduction à : Conseils généraux sur le forgeage et les traitements thermiques d'aciers de coutellerie artisanale

A l'aube du XXI^e siècle, beaucoup de métiers et de techniques subissent des changements si importants et rapides que des machines et/ou des méthodes de travail sont « dépassées » quelques années, voire quelques mois après leur mise en œuvre.

Une des conséquences de tels états de faits est la production à plus ou moins grande échelle de divers produits de consommation globalement valables et fiables. Toutefois, il leur manque bien souvent l'authenticité, le cachet donnés par l'artisan avec son savoir-faire et ses tours de main .

Un coutelier forgeron travaille encore selon des principes et des méthodes déjà utilisés il y a plusieurs siècles et pourtant toujours d'actualité. Il en va de même pour une grande partie des outils de forge qui n'ont guère changé. Beaucoup d'entre nous ayant la nostalgie du passé, comment ne pas ressentir une certaine émotion quand la forge ronfle et quand l'acier rougi est martelé sur l'enclume sonore !

De ce fait, notre passion pour le couteau forgé découle d'une union à travers le temps : d'un côté, l'utilisation de techniques, de gestes et outils plusieurs fois centenaires, de l'autre, des matériaux (en particulier les aciers) et des technologies dits modernes en cette fin de XX^e siècle : marteaux pilons, forges à gaz....

De cette union naît un outil joignant l'utilitaire à la beauté : le couteau forgé !

Ce document est destiné à tous les amateurs de «bel ouvrage», désireux de découvrir et/ou de s'initier à l'art de la forge pour perpétuer ainsi un esprit de recherche de qualité et d'amour du travail artisanal.

Le 31 Juillet 1997

le Bureau de la Guilde Française des Couteliers Forgerons

Chapitre 3 – Avertissements

Les conseils règles présentés dans ce document s'efforcent de donner un point de vue général et global sur les manières dont on peut forger et traiter thermiquement de l'acier.

Pour un acier donné, il est utile d'obtenir le maximum de données et informations de la part du vendeur : teneur en carbone, en éléments d'alliage, températures de forge, de recuit, de trempe et revenu, etc...

Ainsi renseigné on pourra suivre et appliquer beaucoup plus précisément les règles et conseils exposés ci-après.

Nous sommes conscients qu'il est vain de vouloir donner des règles fonctionnant pour tous les aciers pouvant subir des traitements thermiques. En effet, chaque acier possède des traitements thermiques spécifiques. Toutefois, nous avons essayé de dégager une série de règles générales fonctionnant pour la majorité d'aciers utilisés en coutellerie artisanale.

Il est aussi entendu que telle ou telle méthode décrite dans cet ouvrage peut convenir pour un coutelier forgeron et pas pour un autre, cela tient entre autres, à l'équipement, au physique du forgeron, à son état d'esprit et à bien d'autres paramètres. Tel coutelier forgeron ne jugera que par tels aciers alors que les mêmes aciers ne seront presque pas ou même pas du tout utilisés par tel autre.

Nous restons ouverts à toutes les suggestions, voire aux critiques, et gardons à l'esprit qu'il n'est rien de totalement valable ou dénué d'intérêt, pas plus les méthodes de forge et les traitements thermiques que beaucoup d'autres sujets et domaines.

Le Bureau

Chapitre 4 - Vocabulaire de base

Acier : A la base, c'est un alliage de fer et de carbone. La teneur en carbone ne va pas au-delà de 2,1%. Au dessus, cela devient de la fonte. Les aciers hypoeutectoïdes contiennent moins de 0,78 % de carbone. Les aciers hypereutectoïdes ont plus de 0,78% de carbone. Les aciers eutectoïdes ont de 0,70 à 0,80% de carbone.

Les aciers peuvent contenir d'autres éléments d'alliage que le carbone. Le manganèse et le silicium sont toujours présents. D'autres éléments d'alliage rencontrés souvent sont le chrome, le molybdène, le nickel, le vanadium.

AC1 : c'est la température au chauffage à laquelle la ferrite commence sa transformation en austénite.

AC3 : Température au chauffage à laquelle est terminée la transformation de la ferrite en austénite.

Les aciers ayant une teneur en carbone supérieure à l'eutectoïde (0,78% de carbone) voient AC1 et AC3 confondues.

Aptitude de coupe : Dans le cas de lames forgées, la coupe s'effectue principalement par cisaillement. L'aptitude de coupe concerne la durée de temps entre deux affûtages. Cette durée varie selon les aciers, leurs traitements thermiques, l'angle d'affûtage...

Austénite : c'est une solution solide de carbone dans le fer, obtenue par la transformation de la ferrite et des carbures de fer (commençant à AC1 et finissant à AC3). Le carbone est soluble jusqu'à 0,78% dans le fer à 727°C. La solubilité maximum est de 2,1% à 1148°C.

Le carbone se combine alors en structure cristalline avec les atomes de fer pour former des carbures de fer. La structure de l'austénite autorise avec l'aide d'un durcissement par trempe adapté, l'apparition d'une autre structure : la martensite. Dans la martensite sont des carbures de fer qui par leur présence et leurs propriétés apportent à une lame les qualités recherchées. L'austénite est désignée sur les diagrammes Fer/Carbone par la lettre grecque γ .

Décarburation : c'est la perte en carbone de l'acier, dans les couches superficielles, provoquée par l'oxydation à haute température. Ne pas confondre avec les plaques grises noires de fer décarburé et oxydé appelées calamine. Ces deux phénomènes peuvent arriver lors du forgeage et/ou lors de la « trempe ».

Déformations et tapures de trempe : Ces défauts sont dus au changement de dimensions du fer passant de l'état ferritique à celui austénitique. Il se produit alors des retraits. Ces retraits sont de plusieurs microns par millimètre, le nombre de ces microns varie selon la teneur en carbone du fer.

Par exemple, un acier non allié contenant 1% de carbone va avoir un retrait de quelques microns par millimètre en atteignant 723°C à la chauffe. Si toutes les parties de la pièce traitée n'atteignent pas 723°C (dans le cas de l'acier cité) en même temps, il y aura déformation. Toujours pour le même acier, au refroidissement, le changement dimensionnel est là aussi important puisqu'il atteint 13,7 microns par millimètre. On passe là d'une structure austénitique à une structure martensitique. Toutefois la durée de ce changement au refroidissement s'étale sur plusieurs centaines de degrés et est donc plus allongée dans le temps. C'est pourquoi les déformations apparaissent plus souvent au chauffage qu'au refroidissement. On peut minimiser au maximum ce phénomène en chauffant lentement et progressivement pour passer en douceur la température où s'effectuent les changements de structure.

Ainsi le chauffage avant « trempe » d'un acier non allié peut être le suivant : montée à 700°C, vitesse indifférente - Passage du point critique : montée à 750°C en une heure – Puis montée à la température de trempe, vitesse indifférente.

Les tapures de trempe sont des déformations dans des conditions telles que les tensions créées sont supérieures à la résistance à la rupture de l'acier au moment où s'est faite la transformation de structure. Elles peuvent arriver au chauffage comme au refroidissement, en particulier dans les angles vifs.

Là aussi, le choix du milieu de trempe est important. Les milieux de trempe vont du plus au moins sévère : saumure, huiles de trempe, bains (de sels, métalliques), gaz, air pulsé ou non, sans oublier certains milieux dits mixtes : gaz + liquide atomisé. La sévérité du milieu dépend aussi d'un certain nombre de critères dont la température, l'agitation, l'aptitude à effectuer l'échange thermique.....

Ductilité : c'est l'aptitude pour l'acier de se déformer de façon permanente sans se rompre. Dans les aciers, la structure austénitique est la plus ductile.

Dureté : Elle signale la résistance plus ou moins grande de l'acier à la pénétration, la traction, la déformation, l'enfoncement.

Elasticité : c'est la faculté de se déformer sans se rompre et de reprendre la forme initiale après relâchement de l'effort.

Endurance : c'est l'aptitude d'un acier de résister à la fatigue provoquée par des déformations répétées.

Martensite : Forme précipitée rapidement lors du refroidissement par « trempe » de l'austénite. C'est elle qui donne à l'acier tout ou partie des propriétés recherchées pour une lame : aptitude à la coupe, dureté (MS est la température à laquelle l'austénite est théoriquement transformée totalement en martensite . MF, la température à laquelle l'austénite est théoriquement , transformée totalement en martensite).

Résilience : Faculté de résister aux chocs sans se briser. Qualité nécessaire pour de grandes lames.

Résistance à l'usure : Faculté de l'acier à perdre le moins possible de particules de matière lorsqu'il frotte contre un autre matériau. Cette résistance est en partie déterminée par certains éléments d'alliage tels le vanadium, le molybdène, le chrome.

Surchauffe/Brûlure : C'est le résultat d'un chauffage à une température trop élevée dans le domaine austénitique ou bien d'un maintien trop long aux températures du domaine austénitique. Cela provoque un grossissement des cristaux d'austénite dans l'acier, celui-ci n'est plus homogène, il est fragilisé et ne prendra pas la « trempe » dans des conditions normales et voulues. La brûlure est une oxydation des joints des grains par un chauffage à une température trop élevée dans une atmosphère oxydante. L'acier projette des étincelles. Les cristaux dans l'acier sont séparés par des bandes d'oxyde de fer qui le fragilise. Si on peut éventuellement rattraper un acier surchauffé avec un recuit au dessus de AC3 suivi d'un refroidissement lent, ce qui ramène la structure des cristaux à des grosseurs normales. Par contre, un acier brûlé est perdu, le plus sage est

de couper au moins 5 centimètres en arrière de la partie brûlée.

Tenacité : C'est le compromis entre la ductilité et la dureté. On recherche la plus haute dureté possible sans que l'acier soit trop fragile.

Trempabilité : C'est la capacité de l'acier à acquérir un durcissement élevé par trempé et le plus possible en profondeur. Les éléments d'alliage modifient cette trempabilité. Un acier au carbone non allié a une trempabilité réduite, le chrome, le molybdène, le vanadium, le manganèse augmentent celle-ci. Pour compenser une faible trempabilité, il faut que le milieu de trempé choisi procure une vitesse de refroidissement élevée.

Trempé : On désigne souvent par ce nom ce qui est un durcissement de l'acier réalisé grâce à des opérations de chauffage, suivies d'un refroidissement plus ou moins prompt. Ainsi, les aciers vont acquérir des propriétés recherchées (physiquement, en chauffant les aciers au dessus de AC_3 jusqu'aux températures de « trempé », on change le fer en austénite (γ) et on dissout plus ou moins complètement les carbures). Un refroidissement adapté à chaque acier provoque la transformation de l'austénite en martensite, tout en empêchant le carbone de sortir de la solution. Le fer obtenu que l'on appelle martensite contient en solution du carbone qui ne devrait pas s'y trouver et qui lui apporte les propriétés recherchées.

Chapitre 5 - Fibrage et forgeage de l'acier

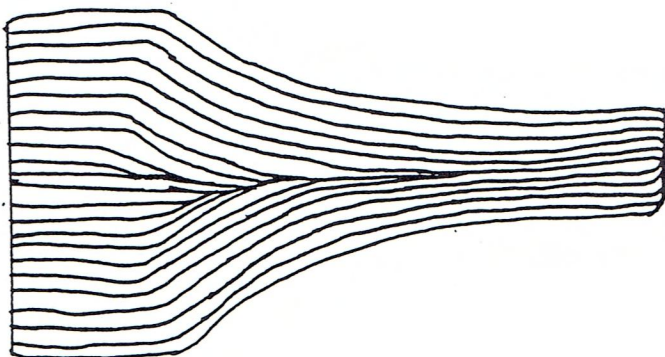
Lors de sa coulée en usine, l'acier en se refroidissant voit certains de ses éléments se changer en gros cristaux en forme de sapins appelés dendrites. Cette cristallisation amène une hétérogénéité chimique à l'intérieur de ces cristaux appelée ségrégation. Le métal le plus pur se trouve alors au centre du cristal et les impuretés à la périphérie. Le laminage à chaud, le forgeage en étirant l'acier, diminuent la grosseur des cristaux, les orientent dans le sens longitudinal de la section et atténuent l'hétérogénéité chimique. Révélées par une attaque à l'acide, ces cristallisations ressemblent à des tendons. On les appelle des fibres.

Le fait de forger une lame va déplacer, orienter ces fibres pour donner le maximum de résistance à la lame et une meilleure aptitude aux fonctions auxquelles on la destine. Toute rupture de ce faisceau de fibres par usinage va augmenter la fragilité de la pièce. Il est donc important d'arriver par forgeage le plus près possible des dimensions finales de la lame.

Ceci pour n'enlever par la suite qu'un minimum de fibres et pour économiser du temps et du matériau.

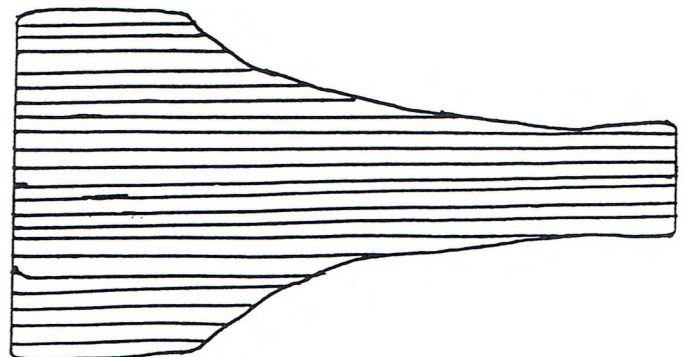
Par exemple :

Acier forgé



Fibres resserrées

Acier découpé



Fragilité relative

Chapitre 6

Classification des aciers selon leur teneur en carbone et éléments d'alliage

Historique : Les aciers modernes actuels ont pour origine un horloger anglais de Sheffield, nommé Huntsmann qui inventa vers 1850 les aciers fondus au carbone en remplacement des aciers obtenus par cémentation. Les aciers ainsi obtenus avaient une teneur en carbone de 1,10% à 1,20%. En effet, les aciers hypereutectoïdes ont de réelles propriétés de coupe, qu'ils soient en carbone ou alliés. Le couteau fonctionnant souvent par un mouvement de va et vient perpendiculaire à la coupe, tout comme une scie, les carbures non dissous à la trempe de ces aciers jouent un rôle analogue à celui des dents de scie. De plus, ils aident à conserver durablement le tranchant.

Les aciers ont été classés selon leur teneur en carbone exprimée en pourcentage. On distingue les aciers extra-doux (moins de 0,1% de carbone), doux (0,1 à 0,2%), demi-doux (0,2 à 0,3%), demi-durs (0,3 à 0,4%), durs (0,4 à 0,5%) et extra-durs (plus de 0,5% de carbone). Dans la pratique, le coutelier forgeron s'intéresse le plus souvent aux aciers extra-durs (sauf dans le cas des damas).

Les aciers se composant uniquement de fer plus du carbone sont dits non alliés. Les aciers comportant en plus des éléments d'alliage sont dits alliés. Ils sont faiblement alliés lorsque aucun des éléments d'addition ne dépasse une teneur de 5% en masse. Ils sont fortement alliés lorsqu'un élément d'addition a au moins une teneur supérieure à 5%.

1) Les aciers non alliés ou aciers fins au carbone :

Ils sont vendus avec une analyse des teneurs en carbone, manganèse, silicium, phosphore et soufre. Ces deux derniers éléments sont considérés comme des impuretés et doivent être présents dans la plus faible proportion possible. Ils n'ont pas d'éléments d'alliage autres que le manganèse et le silicium car ceux-ci sont utilisés lors de la fabrication de l'acier. On les désigne par les lettres XC ou CC suivies de 100 fois la teneur moyenne en carbone de l'acier : par exemple, XC 50 \Rightarrow acier fin au carbone, non allié, dont la teneur en carbone est de 0,5% en moyenne. On désigne aussi ces aciers par la lettre Y suivie d'un chiffre indiquant le degré de pureté (Y1 étant le plus pur). XC 80 = Y1 80

2) Les aciers faiblement alliés :

Ils contiennent des éléments d'alliage dont aucun n'est présent à plus de 5%. On les désigne par leur teneur moyenne en carbone multipliée par 100, suivie d'une suite de lettres désignant les principaux éléments d'alliage. Les lettres sont par ordre décroissant des teneurs et classées alphabétiquement en cas de même proportion d'éléments. Suivent des nombres correspondant aux teneurs des éléments d'alliage selon l'apparition dans l'ordre. Ces nombres doivent être divisés par 4 pour les éléments suivants : Chrome (C), Cobalt (K), Manganèse (M), Nickel (N) et Silicium (S). Ils doivent être divisés par 10 pour les éléments suivants : Aluminium (A), Cuivre (U), Molybdène (D), Niobium (Nb), Plomb (Pb), Souffre (F), Titane (T), Tungstène (W) et Vanadium (V).

Exemple : pour l'acier 15CD 2-05, la teneur en carbone est de 0,15% en moyenne, 0,5% de chrome (C) [$2/4 = 0,5$] et 0,5% de Molybdène (D) [$5/10 = 0,5$]

Autre exemple : 20 CDV 5-08 Cet acier a 0,20% de teneur moyenne en carbone, 1,25% de Chrome et de 0,8% de Molybdène, plus un peu de Vanadium.

3) Les aciers fortement alliés :

Ils se différencient des précédents par la lettre Z placée en tête. Suit la teneur moyenne en carbone multipliée par 100, puis les lettres désignant les principaux éléments d'alliage, (par ordre décroissant de teneur), et enfin la teneur en pourcentage réel des éléments d'alliage selon leur ordre d'apparition.

Exemple : l'acier Z100 CD 14-04 est un acier fortement allié (Z), à 1% de carbone, 14% de chrome et 4% de Molybdène.

Autre exemple : l'acier Z 85 WCV 18-4-1 est un acier à 0,85% de carbone, 18% de Tungstène (W), 4% de chrome et 1% de Vanadium.

Influences des éléments d'alliage : leur présence dans l'acier apporte à celui-ci des propriétés diverses. Ces propriétés seront plus ou moins importantes et présentes selon divers facteurs dont :

- Pourcentage de chaque élément,
- Teneur en carbone de l'acier,
- Interactions des éléments entre eux,
- Manière d'opérer les traitements thermiques, etc...

L'action des différents éléments peut se résumer à trois aspects majeurs :

- 1) Action sur la trempabilité de l'acier, que ce soit sur la profondeur de trempe et/ou la vitesse de refroidissement nécessaire pour avoir les phénomènes de durcissement par trempe.
- 2) Action sur les températures de transformation et de traitements thermiques. De ce fait, les températures de forgeage, de recuit, de « trempe » et de revenu sont modifiées.
- 3) Action sur les propriétés mécaniques : dureté, tenue de coupe, élasticité, inoxydabilité, résistance à l'usure....

Ces éléments d'alliage peuvent être dits alphas ou gammas. Un élément est alpha lorsque sa présence dans l'acier fait augmenter la température minimum nécessaire à l'apparition de l'austénite, et fait aussi abaisser la température maximum à laquelle l'austénite est encore produite. Ainsi, sont réduits les extrêmes de température d'austénitisation.

Un élément est gamma lorsque sa présence dans l'acier permet l'apparition d'austénite pour une température minimale plus basse que celle qui serait nécessaire si cet élément n'y était pas. De même, il fait relever la température maximale à laquelle l'austénite est encore produite. Ainsi l'élément gamma augmente les extrêmes des températures d'austénitisation à l'inverse d'un élément alpha. Pour mémoire, à partir de 0,78% le carbone est gamma dans l'acier.

Rôle de quelques éléments d'alliage :

Chrome : Alpha, augmente la dureté, la trempabilité, la résistance à la rupture et à l'usure (notamment dans la tenue du tranchant). A partir de 5% sa capacité à diminuer l'oxydabilité de l'acier se fait sentir. Il faut cependant des teneurs de 12% et plus pour lui permettre de résister efficacement à la corrosion, (définition de l'acier inoxydable : 1% de carbone ou moins, 12% de chrome ou plus). Après trempe, on doit si nécessaire éviter de faire le revenu à des températures comprises entre 200 et 500°C, sous peine de fragilisation due à un phénomène appelé maladie de Krupp, (voir les courbes de revenus fournies par les fabricants).

Cobalt : action gamma.

Manganèse : Gamma. Avec le Silicium, il sont utilisés dans la composition des

aciers comme désoxydants. On ne peut les considérer comme éléments d'alliage qu'à des teneurs supérieures à 1%. Le manganèse accroît la résistance à la rupture, la dureté, la trempabilité. L'action gammagène permet d'abaisser la température de durcissement par trempe, et les autorise dans des huiles de trempe plutôt que dans un milieu plus sévère : eau, saumure.

Molybdène : Alphagène

Accroît la trempabilité, la résistance à l'usure, la tenacité et la résistance à la fatigue de l'acier. Il exalte les propriétés du chrome auquel il est souvent associé : trempabilité, résistance à l'usure et aussi l'inoxidabilité en particulier dans le cas d'aciers à plus de 13% de chrome. Autorise pour une dureté donnée des revenus plus hauts en température, ainsi l'acier est structurellement plus stable.

Nickel : Fortement gammagène

Augmente la dureté, la tenacité et la résistance à la corrosion. Augmente la trempabilité.

Niobium : Alphagène

Favorise la dureté et la résistance à la rupture. Possède comme le vanadium la faculté de retarder le grossissement du « grain » de l'acier lors de chauffes à hautes températures.

Silicium : Alphagène

Utilisé avec le manganèse dans des aciers à ressorts pour l'élasticité qu'il apporte. Il accroît la résistance aux chocs, à l'usure, à la rupture. Augmente légèrement la trempabilité.

Tungstène : Alphagène

Augmente la dureté, la résistance à l'usure et la trempabilité. Son prix élevé le fait réserver pour des applications spécifiques : outils de tours, fraises en aciers rapides.

Vanadium : Alphagène

Favorise la résistance à l'usure, à la fatigue. Augmente la trempabilité, la dureté. Réduit la tenacité. Freine la croissance du « grain » de l'acier à températures élevées. Souvent associé avec le titane pour accroître cet effet.

**Chapitre 7 - Liste d'aciers couramment utilisés par les couteliers forgerons,
Avec leurs équivalences en aciers allemands (DIN) et Nord-américains (AISI)**

Remarque : les colonnes AFNOR, DIN ou Euronorme et AISI donnent des désignations normalisées d'aciers commercialisés. Ces aciers ne sont pas forcément normalisés ; c'est à dire garantis en analyse et propriétés par une norme. Il ne faut pas confondre acier normalisé et désignation normalisée d'un acier.

AFNOR FRANCE	DIN / ISO Euronorme Allemagne	AISI U.S.A	Remarques
XC 45	CK 45	1045	↘
XC 55	CK 55	1055	→ Aciers recommandés
XC 68	CK 65	1070	→ aux débutants
60 C M 4		5160	↗
XC 75 - XC 80	CK 75	1074	
XC 90	CK 90	1090	
XC 100	CK 100	1095	
55 S 7	51 SI 7		→ aciers à ressorts, pour
60 S C 7	60 SI CR 7		→ lames longues, épées
50 C D 4	50 CR MO 4	4150	
45 W C 8	60 W CR 7	S1	
70 M C D 8		A6	
C90 E 2U	C105 W 1	W1	
90 M W C V 5	95 MN CR W 1	O1	
90 M V 8	90 MN CR V 8	O2	
100 C 6	100 CR 6	L3	→ acier de roulement à bille
Z100 C D V 5	100CR MO VA5	A2	
Y105 V	T C V 105	W2	
Z85 D C W V 08 04 02 01	H S 2 9 1	M1	↘
Z90 W D C V 06 05 04 02	S 6 5 2	M2	→ aciers dits rapides peu utilisés par les forgerons
Z100 D C W V 09 04 02 02	H S 2 9 2	M7	↗
Z110DKCWV09 08 04 02 01	H S 2 10 1 8	M42	↗

Les aciers XC90 et XC100 sont des aciers au carbone bien adaptés à la fabrication d'une bonne lame de couteau. Ils conserveront après trempe de fins carbures de fer constituant un «fil» tranchant de dents de scie microscopiques. Ces aciers ont fait la renommée de SHEFFIELD et de THIERS. L'acier 100C6 est un dérivé de l'XC100 plus un peu de chrome (1,5%). Il est adapté pour la fabrication de lames de qualité, les carbures de chrome résistant bien mieux à l'usure que ceux de fer, avec une trempabilité plus grande. Il en est de même pour le Y105V où le chrome est remplacé par du vanadium.

Les quatre derniers aciers dits rapides sont très délicats à forger et à traiter thermiquement correctement. Depuis une vingtaine d'années, des fabricants d'aciers, notamment suédois, les élaborent par un procédé de métallurgie des poudres. Les carbures dans les aciers sont très fins et pourraient peut être donner des résultats intéressants en coutellerie....

Chapitre 8 –TABLEAU DE COMPARAISON
Entre les couleurs de l'acier au feu et les températures atteintes,
(données approximatives , températures en degrés centigrades)

200	Jaune pale	210	Jaune
220	Jaune paille	230	Jaune foncé , (fusion de l'étain)
245	Orangé	260	Pourpre - Gorge de pigeon
270	Pourpre foncé	280	Indigo
290	Bleu clair	310	Bleu foncé
320	Bleu très foncé	330	Vert d'eau , (fusion du plomb 327)
350	Vert sombre	500	Rouge sombre naissant
550	Rouge sombre	700	Rouge sombre avancé
800	Rouge cerise foncé	900	Rouge cerise
950	Rouge cerise clair	1000	Rouge cerise très clair
1050	Jaune orangé	1100	Jaune
1150	Jaune clair	1200	Jaune très clair
1250	Jaune blanc	1300	Blanc
1350	Blanc suant	1400	Blanc soudant
1500	Blanc étincelant		

A noter que le bois fume vers 430 degrés, le zinc fond à 420 degrés , le sel marin à 800 , le cuivre à 1084 , le fer à 1538 degrés centigrades .

Ces couleurs ne sont plus valables pour les aciers fortement alliés et/ou inoxydables. Il est conseillé de contrôler la couleur obtenue dans l'obscurité.

Chapitre 9 -Equipement de l'atelier

Les outils de base dont a besoin le Coutelier Forgeron pour travailler et traiter thermiquement l'acier sont peu nombreux :

- **l'enclume** : la surface du dessus s'appelle la **table**. Elle doit être la plus lisse possible avec pas du tout ou peu de traces de coups. Les bords ne doivent pas être usés. Les extrémités sont les **bigornes** ; choisir l'enclume avec une bigorne ronde et une bigorne carrée. Ne pas prendre d'enclumes en fonte ou fêlée, étant donné qu'elles ne possèdent pas d'élasticité et fatiguent plus vite le forgeron (le son est plus mat, étouffé que celui d'une enclume en acier trempé). Une bonne enclume fera rebondir le marteau 3 ou 4 fois au moins et rendra un son clair. Plus l'enclume est grosse, plus elle possédera ces qualités. La prendre au-dessus de 50 Kg de préférence. On la fixe sur un billot en bois, amener la table à une hauteur telle que la table du marteau arrivé en bout de frappe soit parallèle au plan de la table de l'enclume. L'angle formé par l'avant-bras et le bras doit être égal ou supérieur à 90°. Les fibres du billot devront être dirigées verticalement.

- **l'étau à pied** : le fixer solidement à un établi. Le prendre avec des mâchoires pas trop serrées et suffisamment fortes pour tenir fermement une barre d'acier.

- **la forge** : elle peut être à charbon ou à gaz. A gaz, il en existe deux types :
⇒ le premier fonctionne principalement au gaz (en général du propane), le deuxième type nécessite en plus un apport d'air par ventilation. On peut ainsi jouer sur deux tableaux et avoir une flamme plus ou moins neutre, oxydante ou réductrice selon le volume d'air et de gaz injectés. Certaines forges à gaz sont refroidies par eau. Les avantages d'une forge à gaz sont :
- quasi impossibilité de brûler l'acier une fois la flamme réglée.

- la flamme brûle à une température précise une fois réglée et aussi longtemps qu'elle sera alimentée. C'est utile pour faire du damas. On gagne aussi du temps consacré à d'autres activités.
- possibilité de mieux voir la pièce chauffée.

Les désavantages sont :

- ♦ Les précautions à prendre lors de l'emploi de propane sont strictes et à respecter, en particulier au niveau des raccords.
- ♦ Il est plus difficile de chauffer en un point précis qu'avec une forge à charbon.
- ♦ Le borax fondu et autres impuretés finissent par abîmer la sole (plancher) de la forge. Il faut éventuellement la remplacer ou y mettre un ciment protecteur.

⇒ La forge à charbon (de bois ou minéral) : est traditionnelle et accessible.

Peut éventuellement recarburer l'acier légèrement en le plaçant dans la partie supérieure du foyer.

Permet de chauffer précisément un point donné de la pièce travaillée.

Désavantages :

- ♦ Le feu est plus délicat à maîtriser, surtout pour un débutant : chauffé excessivement, l'acier peut aisément brûler si on ne le surveille pas.
- ♦ Il y a émission de fumées toxiques à évacuer le plus possible.
- ♦ Si on forge avec du charbon non purifié, il y a dégagement de soufre et de phosphore. En étant absorbés par l'acier, ils le fragilisent. Il est fortement recommandé de travailler avec du charbon purifié au préalable. Cela prend du temps mais en vaut la peine. Le charbon purifié n'émet pratiquement plus de fumées, la flamme est claire et n'est plus « grasse ». Il est nécessaire d'arrêter la combustion pour nettoyer la forge du mâchefer qui s'y forme. C'est un composé de résidus de la combustion et éventuellement de borax fondu. Le mâchefer refroidi prend l'aspect d'un bloc de verre fondu : il peut obturer plus ou moins la tuyère et empêchera la soudure homogène du damas en se mettant entre les couches. Lorsque l'on nettoie la forge, il faut souvent changer le charbon car celui-ci a utilisé tout son pouvoir de chauffe et ne pourra plus faire monter très haut la température.

Le martinet et le marteau pilon : ce sont des machines dont la masse tombante est actionnée directement par une courroie frottant sur une poulie (martinet) ou par un

piston fournissant l'énergie nécessaire à l'enclume de la masse tombante (pilon). Le but de ces machines est de fournir une frappe plus forte, plus rapide, plus régulière que celle de l'homme utilisant un marteau.

Les tas ou enclumes utilisés sont souvent interchangeables selon que l'on forge (tas bombé pour déplacer le métal), que l'on fait du damas (tas plat pour aplatir, souder).

Les marteaux : ils sont de formes et de poids différents. En général, on commence le travail avec les marteaux les plus lourds pour finir avec les plus légers.

Les pinces : de formes différentes, elles sont aptes à saisir du rond, du carré, une soie.... Elles doivent être suffisamment longues pour contrôler au mieux les chocs sur la pièce tenue (par inertie), mais ne doivent pas être trop lourdes : fatigue excessive. Elles sont achetées ou fabriquées en fonction de la pièce à maintenir.

Le bac de trempe : il doit être assez long et profond pour pouvoir immerger sans problème les plus grandes lames et les déplacer d'avant en arrière lors du durcissement par trempe. Prévoir un couvercle en cas d'inflammation du liquide de trempe.

Autres outils : sur l'enclume peut s'adapter un **tranchet à chaud ou à froid** pour couper l'acier. Il existe aussi des dégorgeoirs, chasses, gouges, tous outils destinés à faciliter le travail de forge. Un **tisonnier** sert à sortir le mâchefer du foyer et à déplacer le charbon.

Pour la forge à charbon, une boîte de conserve dont le fond est percé de petits trous, et pourvue d'un manche, sert à asperger d'eau le charbon. On conserve de la sorte la voûte créée, on refoule la chaleur vers l'intérieur et on élimine plus facilement les impuretés du charbon (ne mouiller que le charbon de la forge pour une meilleure combustion). Attention à ne pas noyer le feu avec trop d'eau (de plus cela crée de la vapeur qui peut brûler gravement).

Dans la forge et au travail, ne pas oublier les mesures de protection : gants, lunettes, tablier de forge, protection auditive ; un extincteur et une trousse de premiers secours vous seront tôt ou tard nécessaires, équipez-vous avant, pas après ! !

Chapitre10–Forgeage-Généralités

A) **Généralités** : Ne pas forger l'acier à trop basse température. Trop froid, il perd ses qualités de ductilité et ne bouge plus sous le marteau. On risque de créer des plis, des cassures (ou tapures) plus ou moins importantes.

Les principales difficultés rencontrées au forgeage ont souvent pour causes, soit une température trop basse, soit une température trop haute. Dans le dernier cas, il y a surchauffe avec le « grain » de l'acier qui cesse d'être fin et homogène et des risques de brûler. L'acier brûle en produisant des étincelles. Coupez la partie brûlée de 5 à 10 cm en arrière et recommencez le forgeage.

La plupart des aciers utilisables par le coutelier forgeron sont forgés entre 750 et 1050 degrés centigrades.

B) **Mise en place et préparation du matériel** : au préalable, vérifier que la forge n'est pas obturée par des impuretés, du mâchefer.

Disposer autour de soi, à portée de main l'équipement qui sera nécessaire pendant le travail.

La bigorne ronde de l'enclume doit être sur la droite de l'utilisateur (pour un gaucher). Garder toujours la table de l'enclume propre entre deux chaudes.

C) **Allumage de la forge** : Pour une forge à charbon, utiliser soit une boule de papier avec des bouts de bois, soit un chiffon roulé en boule imbibé d'huile, soit deux ou trois poignées de pommes de pin. En brûlant, ils disparaîtront et laisseront une cavité dans laquelle on alimentera plus ou moins le feu avec du charbon purifié. Dans cette cavité, on mettra l'acier à forger.

Mais, d'abord, une fois les matériaux enflammés à la base, activer légèrement la ventilation et recouvrir le tout de charbon (de préférence purifié). Le charbon frais est mis sur les côtés de la tuyère pour le purifier ; puis on l'utilisera en combustible. Ensuite, activer plus ou moins la ventilation. Ne pas démarrer par un feu trop vif. La combustion a besoin de se mettre en place. Mieux vaut démarrer doucement et monter en puissance que l'inverse. Avec une boîte de conserve sertie au bout d'un long manche et percée de trous, arroser le charbon pour accélérer sa purification. Quand on met de l'eau sur les charbons, toujours laisser une ventilation même légère.

Sur une forge à gaz : Si c'est un modèle avec ventilation, toujours allumer celle-ci en premier et toujours l'éteindre après avoir fermé le gaz. Mettre une boule de papier enflammée dans la forge. Au début, régler les débits pour que la flamme ne soit pas trop élevée en température. Il faut en effet éviter un choc thermique à la forge.

Pour une forge à charbon, la ventilation doit être régulière et pas trop forte pour éviter au foyer de se vider et de faire voler les braises. Si on est obligé de s'absenter, insérer un bout de bois dans le foyer avant de partir, on pourra ainsi recommencer à forger au retour.

La position par rapport à l'enclume généralement conseillée est la suivante : (pour un droitier) pied droit près du billot, le gauche en arrière formant un angle de plus ou moins 90° avec le droit. Le buste légèrement penché sur l'enclume. La façon de déplacer le bras varie peu ou prou selon chacun. Il semble qu'une des manières admises les plus courantes soit : l'avant-bras formant un angle à peu près droit avec le bras. Sans changer cet angle, l'épaule fait remonter l'ensemble vers le haut. L'avant-bras ne doit pas aller en arrière de la verticale, ce serait un effort inutile pour ramener le tout vers l'avant. Une fois l'avant-bras vertical, faire retomber avec l'épaule l'ensemble bras/avant-bras. Ce dernier ne doit pas bouger beaucoup au moment où le marteau va atteindre l'enclume. La partie du corps qui participe et travaille le plus est l'épaule, et aussi un peu le buste qui peut donner un supplément de force.

D) Quel type de feu utiliser ? L'atmosphère dans la forge peut être neutre. C'est à dire ni trop riche ni trop pauvre en oxygène et matières combustibles (du fait de la combustion presque totale de l'oxygène, il y a peu de calamine produite). Dans une forge à charbon, c'est à peu près la zone du milieu à condition que la combustion s'effectue normalement. Il est conseillé de travailler dans une atmosphère neutre.

Atmosphère oxydante : elle est riche (trop) en oxygène avec possibilités pour l'acier de perdre du carbone (calamine) et aussi de brûler. C'est la zone près de la tuyère.

Atmosphère réductrice : c'est la zone du tiers supérieur d'une forge à charbon, la chauffe est moins élevée en température qu'aux deux autres zones. On risque, en y laissant l'acier, de lui faire absorber d'éventuelles impuretés (et aussi du carbone).

Pour une forge à gaz, on change l'atmosphère en augmentant ou en diminuant l'arrivée du gaz et/ou d'air : introduire plus d'oxygène rend l'atmosphère plus oxydante.

Toujours chauffer la lame tranchant en l'air.

En théorie, il faut déplacer l'acier lors du forgeage, le marteau doit rester et frapper

quasiment sur place.

Pour avoir une pièce à peu près symétriquement et régulièrement forgée des deux cotés, il est nécessaire de frapper alternativement une face de la lame puis l'autre avec un nombre égal (ou à peu près) de coups.

Il existe plusieurs techniques de forgeage permettant de façonner le métal dont :

L'étirage : l'acier est frappé sur la bigorne ronde, à peu de distance de son extrémité (de l'acier). Les coups de marteau vont l'un à la suite de l'autre en se dirigeant vers le bout de la pièce forgée. On diminue l'épaisseur du métal et on l'allonge.

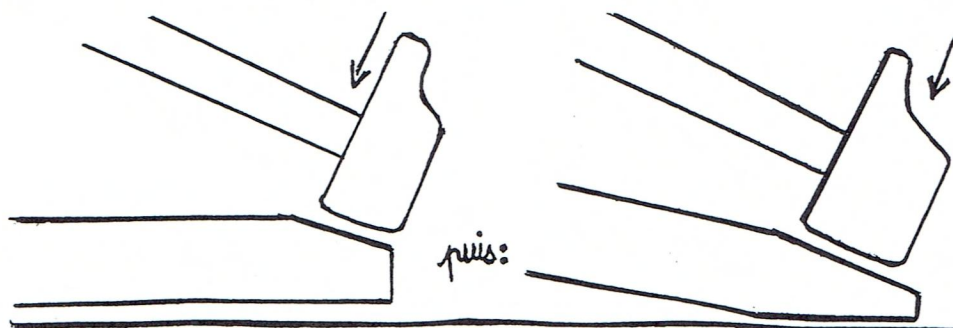
Refouler : on rentre la matière en elle-même. Frapper sur son extrémité, l'autre extrémité reposant sur la table. On diminue la longueur et on obtient sur la partie chauffée une section plus grande que celle de départ.

Parer une lame : signifie régulariser son aspect pour éliminer les traces de coups de marteau. On se sert d'habitude d'une chasse à parer, mais on peut obtenir un résultat satisfaisant en frappant à plat, au marteau, avec des petits coups régulièrement répartis.

Chapitre 11– forgeage d'une lame

Il existe de nombreuses manières de forger des lames. Pour une lame relativement simple (tranchant et pointe seulement), on peut utiliser cette méthode adoptée entre autres, par des couteliers forgerons de l'A.B.S., (American Bladesmith Society).

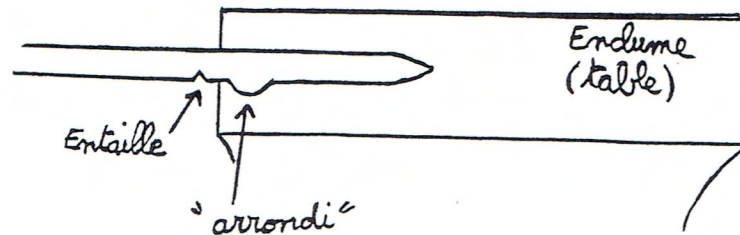
Prendre une barre d'acier, forger la pointe en tapant alternativement sur l'une et l'autre tranche et en repoussant le métal : *Dessin 1 :*



Noter que le marteau vient frapper l'acier selon un angle plus ou moins ouvert par rapport à la table suivant la forme de pointe que l'on veut obtenir.

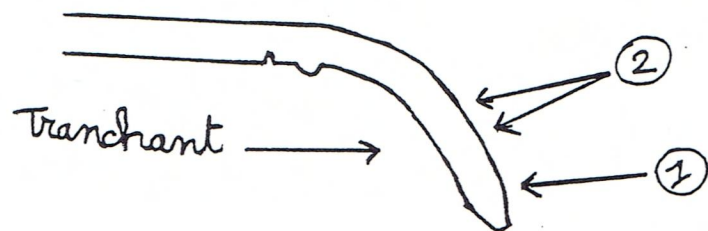
Puis, étirer graduellement, sur à peu près les 2/3 de la longueur en gardant du métal en réserve pour le tranchant.

Au tranchet ou à la scie à métaux, faire une légère entaille pour marquer l'emplacement de la future garde. Forger, en étirant le métal, un «arrondi» qui est le départ du futur tranchant. Le forger plus ou moins éloigné de l'entaille selon la largeur que l'on veut laisser au ricasso. Cet arrondi se fait en étirant le métal : la barre est relevée, un des angles prenant appui sur la table, l'angle opposé étant martelé. forger autant de coups d'un côté que de l'autre pour une lame la plus régulière possible. *Dessin 2 :*



Puis, sur la bigorne ronde, cintrer la lame en arc de cercle, tranchant à l'intérieur.

Dessin 3 :

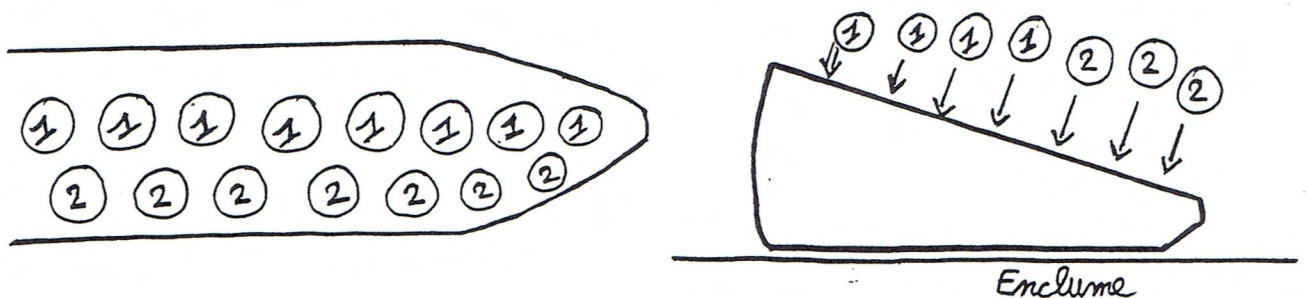


Frapper d'abord au niveau de la pointe : ①, puis plus haut : ②.

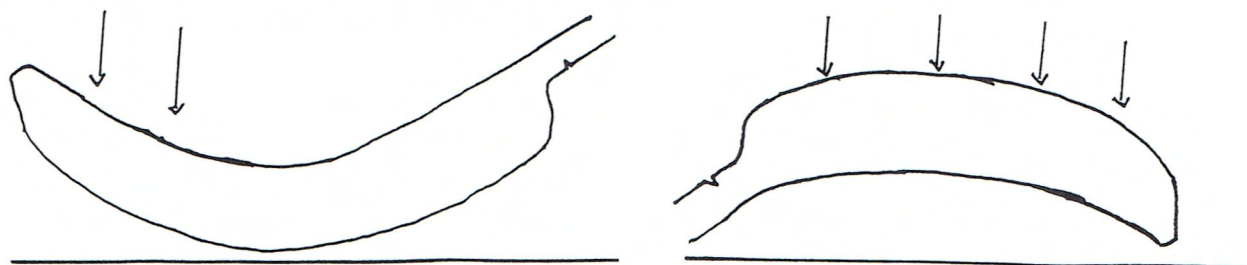
Forger ensuite le tranchant : on appuie le bord du tranchant sur la table et on frappe en «tirant», en repoussant le métal vers le tranchant. La lame se redressera petit à petit..

Forger en partant du centre de la barre/lame pour bien repousser, tirer le métal uniformément vers le tranchant. La lame sera graduellement amincie. *Dessins 4 et 5 :*

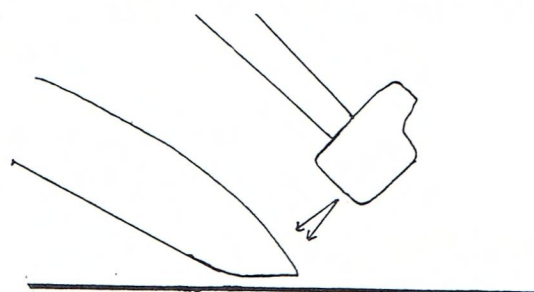
Frapper en ①, puis en ②. Forger d'un coté et de l'autre :



Arriver à un tranchant de deux à trois mm d'épaisseur (nécessaire lors de la trempe). Chaque fois que la lame s'incurve pointe vers le haut, la redresser, soit en posant la lame sur la table et en tapant doucement, soit en frappant sur le dos si cela ne modifie pas la forme finale projetée/prévue. Dessins 6 et 7 :

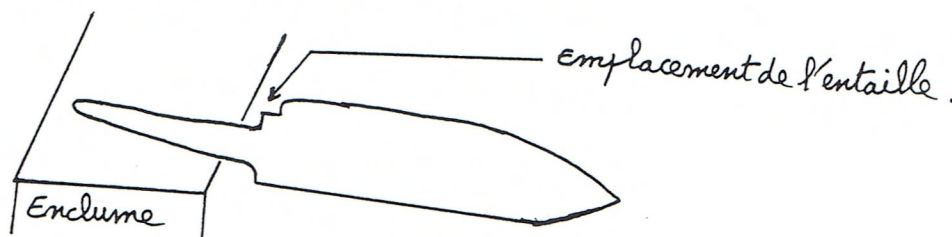


Affiner la pointe en posant le dos de la lame sur la table et en martelant selon l'angle que l'on veut donner. Doser la frappe. Dessin 8 :



Fabrication de la soie : en partant de la légère entaille, couper 6 à 7 cm en arrière. Etirer en diminuant graduellement l'épaisseur et la hauteur de la barre. La soie doit atteindre une longueur finale d'au moins les 2/3 du manche.

Pour étirer, utiliser la table et puis la bigorne ronde. Dessin 9 :



Une fois la soie faite, affiner le tranchant à l'épaisseur voulue (en général, on laisse dans les 2 mm d'épaisseur minimale pour éviter les torsions à la trempe). Travailler selon la méthode déjà vue. Ne pas trop chauffer. Forger de part et d'autre. On peut aussi parer la pièce avec une chasse ou à petits coups légers de marteau.

Si lors de toutes ces opérations la lame ou la soie se tord, la redresser sans attendre. La pièce doit être droite de bout en bout. Puis recuire la lame forgée.

Important : si possible achever les opérations de forgeage à une température plus basse qu'au début du travail. Se rappeler que quelques minutes à la forge, en économisent de nombreuses autres par la suite (entre autres aux opérations d'émouture).

Chapitre 12 - Les Recuits

Le recuit est un traitement thermique qui se situe entre les opérations de forgeage et celles de «trempe». Après avoir été forgé, l'acier a besoin de se libérer des tensions et des contraintes thermiques et mécaniques qui y sont apparues.

Il existe plusieurs types de recuits. Dans beaucoup de cas il y a chauffage avec maintien à une température voisine de AC1/AC3 et une durée semblables ou proches de la «trempe». Le retour à température ambiante devra être suffisamment lent pour affiner la structure de l'acier et/ou le mettre dans l'état le plus approprié pour la suite des traitements thermiques.

Des recuits souvent utilisés par le coutelier forgeron sont le recuit de normalisation et le recuit de relaxation. Il est possible de faire subir à l'acier successivement ces deux recuits. Toutefois, on peut pratiquer seulement le recuit de normalisation et passer ensuite au durcissement par trempe.

A) Le Recuit de normalisation : Il s'agit d'amener l'acier dans un état structural à fine homogénéité. Comme pour les autres traitements thermiques, il comprend trois phases : le chauffage, le maintien à température maximum et le refroidissement.

Le chauffage : La vitesse de chauffage, surtout pour les aciers hypereutectoïdes ne doit pas provoquer de déformations. Il faut donc faire un arrêt d'à peu près 10 minutes par millimètre d'épaisseur à 20/30° en dessous d'AC1.

Cela fait, (surtout pour les aciers hypereutectoïdes), monter progressivement à 50° (ou plus selon l'acier) au-dessus d'AC3 (température de fin de formation de l'austénite).

Les aciers hypereutectoïdes ont les points AC1 et AC3 confondus. Il est nécessaire que la pièce passe ces températures simultanément dans toutes ses parties.

Pour les aciers hypoeutectoïdes, monter à une température nettement au-dessus de AC3 (de 30°centigrades ou plus selon les aciers).

Le maintien à température maximum : est fonction des dimensions et de la forme de la pièce, ainsi que de l'acier utilisé. Pour le coutelier forgeron, laisser à peu près 10 minutes par millimètre d'épaisseur maximale de la lame, ceci pour permettre l'austénitisation la plus complète possible dans l'acier. Pour les aciers fortement alliés, la mise en solution de carbures complexes nécessite d'augmenter ces temps d'un tiers.

Toutefois, dans le cas d'une forge à charbon, il sera peut être nécessaire de rabaisser ce temps de chauffe et de maintien à 5 minutes par mm ou alors, de rajouter du charbon si celui dans la forge perd son pouvoir calorifique.

Le refroidissement : doit permettre à l'acier d'obtenir une structure homogène :

Les aciers au carbone et les aciers faiblement alliés peuvent être refroidis à l'air calme (non ventilé).

Les aciers fortement alliés peuvent être auto trempants. Il faut donc choisir une vitesse de refroidissement plus lente, on peut utiliser divers milieux : Vermiculite (mica expansé), sable chaud, cendres de bois, laine de verre ou tout matériau ou moyen autorisant une descente lente en température (four de trempe). On peut aussi mettre l'acier dans une forge à charbon, chauffer et maintenir la température comme décrit plus haut, couper la ventilation et laisser refroidir dans les braises pendant plusieurs heures (au moins jusqu'à 300°C). On se rapproche dans ces types de refroidissement d'un recuit complet. L'adoucissement de l'acier est plus élevé, avec un «grain» moins fin, homogène, que dans un recuit de normalisation. Le recuit complet se pratique à des températures plus basses que pour un recuit de normalisation.

B) Le recuit de relaxation : Ce type de recuit peut se faire sur des pièces ayant déjà subi un recuit de normalisation. Le recuit de relaxation est souvent destiné à éliminer les contraintes résiduelles qui pourraient survenir au refroidissement dans des conditions mal maîtrisées lors du recuit de normalisation ou pour éliminer les contraintes apparues lors du forgeage. Ainsi, on «détend» la lame qui va être «trempée».

Ne pas perdre de vue que la montée en chauffe, sa durée, sa vitesse, sa température maximale ainsi que le refroidissement d'une pièce, dépendent de nombreux points dont la teneur en carbone et des éléments d'alliage de l'acier, l'épaisseur de la pièce, le milieu de recuit, etc... Là encore, se référer autant que possible aux indications du fabricant de l'acier.

Le chauffage : la montée en température est relativement peu importante puisque l'on reste toujours en dessous des températures de transformations (AC1), qui sont à l'origine des déformations (rester à peu près de 500 à 700°C selon les aciers).

Le maintien à température : doit être au moins de 10 minutes par mm d'épaisseur maximale de la pièce, et si possible plus. Refroidir lentement.

Chapitre 13 - Durcissement par trempe

Généralités : Bien que le terme «trempe» soit impropre, nous l'emploierons par commodité, de préférence à traitement de durcissement par trempe.

Précautions : Avoir à portée de main un extincteur et un couvercle de métal pour recouvrir le bac de trempe en cas de flammes.

Définition de la trempe : Le fer est un des rares métaux qui peut se trouver sous deux formes très différentes en fonction de la température : la forme dite α , stable en dessous de AC1, peu malléable et dans laquelle le carbone est insoluble, et la forme γ , stable au dessus de AC3, forgeable et dans laquelle 0,77% de carbone peut rentrer en solution solide à 727°C et 2,10% de carbone à 1148°C.

La trempe consiste à chauffer une pièce à une température supérieure à AC3 pour obtenir du fer γ (ou austénite), mettre le carbone en solution, puis refroidir la pièce suffisamment vite pour empêcher le carbone de sortir de la solution après la transformation en fer α et obtenir ainsi de la martensite.

Les fiches de traitements thermiques fournies par les fabricants d'aciers, en particulier les fiches TTT (Transformation – Température – Temps) ou TRC (Transformation en Refroidissement Continu) permettent de connaître les températures AC1 et AC3, ainsi que les milieux de trempe les mieux adaptés aux aciers utilisés.

La capacité à avoir une bonne profondeur de pénétration de trempe ou trempabilité, est fonction de plusieurs paramètres dont les éléments d'alliage, le milieu de trempe, sa vitesse de refroidissement.

Un acier à bonne trempabilité aura besoin d'un milieu de trempe moins sévère que ceux nécessaires pour un acier de moins forte trempabilité. Il est préférable, quand c'est possible, de choisir pour les pièces à forte section (haches, ...), un acier à forte trempabilité.

En plus de l'apparition d'austénite et selon que l'acier sera plus ou moins allié, peuvent se former à partir d'AC1 et au-dessus, des carbures provenant de divers éléments : Molybdène, Vanadium, Chrome, ...

Le milieu de trempe : Il en existe plusieurs, du plus sévère, la saumure (eau salée) au moins sévère, l'air. Il est toujours souhaitable d'utiliser le milieu de trempe le moins sévère compatible avec l'acier utilisé. La sévérité du milieu va par ordre décroissant de la saumure en passant par l'eau, les huiles de trempe, les gaz dont l'air. Une huile chauffée sera moins sévère pour la trempe que la même huile non chauffée. Seuls les aciers au carbone à moins de 0,45% de carbone peuvent se tremper à l'eau. Ces aciers ne sont guère intéressants, sauf pour un débutant ou pour faire du damas.

Il existe plusieurs huiles de trempe (minérales, synthétiques, végétales). Elles ont des capacités plus ou moins grandes à provoquer la profondeur de trempe d'un acier donné. On peut modifier ces capacités avec des additifs. Les huiles sont classées en plusieurs catégories dont celles dites froides utilisées de 0 à 80°C, se référer aux températures recommandées par le fabricant. Certains couteliers utilisent des huiles végétales : colza, olive.

Suivant que l'huile sera plus ou moins fluide, plus ou moins agitée, brassée, alors la trempabilité et la vitesse de refroidissement seront plus ou moins élevées. Ceci est valable pour beaucoup de milieux de trempe.

Le Chauffage : La grande majorité des déformations et des tapures se produisent au moment du chauffage. Elles sont dues à des modifications dimensionnelles importantes survenant lors du passage du fer α au fer γ , au moment du passage des températures AC1 et AC3. Ces températures étant confondues pour les aciers hypereutectoïdes, ceux-ci y sont particulièrement sensibles. Il faut éviter une montée en température trop rapide et une chauffe mal répartie dans la pièce traitée.

Préchauffer lentement, avec de préférence un palier vers 300°C et un deuxième palier, obligatoire celui-là, à une température inférieure à AC1 de 20 à 30 °C. Maintenir la pièce à cette température jusqu'à ce que la chaleur soit partout uniforme (laisser chauffer 1 à 2 minutes).

Cela fait monter lentement la température jusqu'à peu près 50°C au dessus de AC3. Enfin, si la température de trempe préconisée par le fabricant est supérieure à AC3 + 50°C, y porter la pièce. Pour des aciers nécessitant une température finale de trempe supérieure à 900°C, éventuellement faire un palier vers 800°C. Puis, tremper (voir plus loin).

Le chauffage dans un four nécessite des précautions pour éviter la décarburation. Il existe des vernis spéciaux résistant à de hautes températures et formant une couche protectrice sur le métal pour empêcher une perte de carbone. Un de ces produits est vendu par la société Castrol sous le nom d'Insulite cx®.

Une autre méthode consiste à envelopper la pièce avec un feillard spécial très fin et approprié pour former un ensemble étanche. Ce procédé est réservé aux aciers à forte ou très forte trempabilité car il diminue sensiblement la vitesse de refroidissement.

Il est relativement facile d'appliquer les principes de trempe quand on dispose d'un four électrique avec régulation automatique ou même d'une forge à gaz avec une sonde thermique. Si l'on a une forge à charbon, on peut procéder ainsi : utiliser du charbon purifié et faire un lit de braises, si possible recouvert d'une cavité de charbon (comme pour forger). Etre en zone neutre.

On part du principe que la lame a été bien recuite après le forgeage et qu'elle n'est pas voilée. Le feu doit être homogène, au moins aussi grand que la lame. Chauffer par étapes comme indiqué ci-dessus. Une fois à bonne température, laisser l'acier chauffer à raison d'une à deux minutes par millimètre d'épaisseur maximale de la lame. La pièce doit avoir une couleur uniforme, éventuellement la déplacer sur son lit de braises pour cela. Cette couleur doit être à peu près la même que celle du milieu qui l'entoure, on peut alors passer à la trempe.

Si on ne dispose pas des renseignements nécessaires sur l'acier (points AC1, AC3, ...), il faut savoir que lors du passage en structure austénitique, l'acier n'attire plus les aimants. Passer un aimant le plus puissant possible, serti au bout d'une tige, le long de la pièce chauffée. Quand on arrive au stade amagnétique (point de Curie), augmenter lentement la température du four, du foyer d'à peu près 60°. Une lame au dos de 5 mm devra rester à la température décrite au-dessus durant 5 à 10 minutes. Puis tremper.

Chauffe d'une lame : Conseils : Dans une forge à charbon, chauffer en premier le ricasso : c'est là où la pièce est la plus épaisse. La promener d'avant en arrière, tranchant vers le haut pour chauffer uniformément.

Dans une forge à gaz, régler sur une flamme neutre, on voit plus facilement l'état de chauffe de la lame et on évite le plus possible la décarburation de l'acier (perte de carbone). Laisser 0,5 à 1 millimètre d'acier sur la pièce à enlever par la suite (surtout au niveau du tranchant).

Refroidissement : Il doit être fait à une vitesse appropriée à l'acier utilisé. Cette vitesse est indiquée par les courbes TTT ou TRC. Les aciers alliés se trempent souvent à l'huile ou à l'air selon la nuance utilisée. Utiliser des huiles de trempe du commerce qui sont spécialement adaptées. Le bain de trempe doit être à la température requise, agité ou non. Prendre la lame par la soie ou la semelle avec des pinces. Sans perdre de temps, l'immerger, tranchant le premier, totalement dans le bain

Si des flammes apparaissent, il est probable que la température était trop haute. Promener l'acier d'avant en arrière, (surtout pas latéralement), en faisant attention de ne pas cogner les parois avec la pointe. Pour une dague, tremper dans un tube, pointe la première. On peut tremper la soie/semelle et le ricasso à condition de les détendre suffisamment par la suite : revenu(s) au bleu.

Sortir la lame dès qu'elle est à température ambiante (1 à 2 minutes suffisent largement). Pour des «trempes» à l'air, faire tournoyer la pièce en l'air peut être un moyen si on ne dispose pas d'autre chose.

La calamine empêche un bon refroidissement entre la pièce et le milieu. Il est utile de «blanchir» l'acier entre le recuit et la trempe, soit par un moyen mécanique, soit par un liquide décapant genre acide phosphorique. Pour éviter une couche de calamine au chauffage, on peut utiliser des vernis spéciaux ou du feuillard d'acier adapté.

Il est souvent nécessaire de procéder à des essais pour déterminer les meilleurs moyens de mise en œuvre, les meilleures températures, ...

Si la lame voile à la «trempe», dès la sortie du bain, la redresser dans l'étau doucement mais fermement.

Normalement, une lime ne doit pas «mordre» sur une lame venant d'être trempée. On peut ainsi se servir de plusieurs limes ayant un niveau de dureté différent (et connu) pour déterminer à peu près la dureté de l'acier. Le conseil est valable pour le(s) revenu(s). Entre chaque revenu, passer la lime. Après le traitement de durcissement par trempe, nettoyer, blanchir, et passer au plus tôt au(x) revenu(s).

Trempe : Généralités : Les dangers pouvant apparaître lors du chauffage d'austénitisation sont : surchauffe avec grossissement du «grain» de l'acier. Ne pas chauffer trop haut, ne pas rester trop longtemps aux températures d'austénitisation (pas plus d'une minute à deux minutes par mm une fois la température finale atteinte).

Au moment de tremper, ne pas oublier que la pièce trempée et revenue aura une

dureté variable selon les aciers mais relativement importante. Il est nécessaire au préalable, (après le recuit) de finir la pièce quasiment aux dimensions définitives, excepté sur une faible épaisseur au niveau du tranchant. Elle est nécessaire pour réduire les risques de déformations et sera enlevée après le revenu. L'état de la surface doit être net, sans aspérités. Si possible éliminer les angles aigus : risques de tapures/fissures.

⇒ Adresses de sociétés vendant des huiles de trempe :

Solea - Elf lubrifiants industriels - 69316 Lyon Cedex 04 ☎ 04.56.90.48.70

Télécopie : 04.56.90.48.71 (huiles Drasta).

• Total Raffinage distribution – Département Lubrifiants – 84, rue des Villiers – 92538 Levallois-Perret Cedex ☎ 01.47.48.80. Télécopie : 01.47.48.86.10 (huiles TT).

Castrol France – 1, Parc des Erables -66, route de Sartrouville – BP 9 – 78230 Le Pecq ☎ 01.34.80.70.80 Télécopie 01.34.80.70.72 (huiles Iloquench).

Chapitre 14 - Traitement par le froid ou Cryogénie

Les aciers ayant plus de 0,5% de carbone et/ou étant fortement alliés, ont tendance à conserver un pourcentage plus ou moins important d'austénite non transformée en martensite à la température ambiante, c'est à dire lors de la «trempe ». Cette austénite est dite résiduelle. Elle tend à se stabiliser à température ambiante. Pour la changer le plus possible en martensite, on peut faire un traitement par le froid.

Avant d'en arriver là, il faut garder à l'esprit qu'une bonne partie des aciers susceptibles d'être traités avec succès par le froid sont des aciers souvent malaisés à forger, nécessitant souvent de travailler au marteau pilon, ne supportant d'être chauffés et forgés que dans une fourchette de températures assez précise. D'autre part, certains ont tendance à tremper à l'air.

Pour finir, les traitements thermiques de ces aciers nécessitent une rigueur et une précision parfois longues à acquérir et maîtriser, ainsi qu'un matériel particulier. Ce sont entre autres, les Z160CDV12, Z100CD14-04, Z100CD17, Z90CDV18, etc... D'autres sont peut-être un peu moins «délicats» à forger et à subir des traitements thermiques tels le 90MnWCRV5, 100CR6, 90MnV8, et seront donc plus accessibles au débutant voulant faire ses premiers pas en traitement par le froid.

S'il est possible de décomposer l'austénite résiduelle par des revenus, sans traitement

par le froid et sans perdre les qualités recherchées pour la lame, alors passez directement de la trempe aux revenus. Les revenus doivent atteindre 550° au minimum pour déstabiliser l'austénite résiduelle sur ces types d'aciers, (c'est à dire ceux fortement alliés : Z).

Si les qualités recherchées sont :

- gain de dureté
- meilleure résistance à l'abrasion, à l'usure (en particulier pour garder le tranchant)
- stabilité structurale
- élévation de la limite d'élasticité,

et que l'on risque de perdre ces qualités ou de les voir fortement diminuées par des revenus au-delà de 500°, alors on peut envisager la cryogénie.

Procéder ainsi : dans les minutes qui suivent la «trempe», dès que la lame a atteint la température ambiante (pas avant), immerger la lame dans un milieu plus ou moins froid (si possible -60° minimum à -196°). De préférence refroidir lentement la lame. Le milieu peut être de l'acétone (loin d'une flamme) avec de la neige carbonique, de l'acétone versée sur de la glace, de l'azote liquide (-196°), [aussi utilisés, neige carbonique plus alcool], ou tout simplement le réfrigérateur poussé «à fond ».

Au froid, l'austénite résiduelle va se décomposer en martensite. Maintenir pendant au moins une heure sinon plus, (si possible 24 heures). Puis retour à l'ambiante, là aussi le plus lentement possible.

Après, et cela le plus tôt possible, un ou plusieurs ;(souvent 2) ;revenus sont nécessaires. Attendre le retour à l'ambiante lors du premier revenu, puis de suite faire le second.

Pour l'azote liquide : ne pas respirer les vapeurs, porter des gants (-196°, cela brûle !), et un masque de protection faciale. Pour les autres produits, respecter les précautions d'usage. Ce conseil est valable pour tous les processus de fabrication décrits dans cet ouvrage

Afin d'éviter à la lame un choc dû au froid qui risque de faire apparaître (entre autres) des fissures, ne pas avoir d'angles trop vifs sur la lame, bien l'ébarber et l'ébavurer. Ceci doit être accompli au préalable.

Chapitre 15 - Les revenus

Généralités : C'est le dernier des traitements thermiques à effectuer sur une lame. On ne peut laisser une pièce trempée sans lui faire subir un ou plusieurs revenus : elle serait beaucoup trop fragile et pourrait se briser à plus ou moins long terme par apparition de tapures spontanées. On va donc détendre la pièce des tensions créées lors du durcissement par trempe.

Faire le ou les revenus le plus tôt possible après la trempe. Néanmoins, il est nécessaire, si le milieu de trempe est plus chaud que la température ambiante, de sortir la pièce une fois la «trempe» terminée, attendre de quelques minutes à un quart d'heure selon la grosseur de la pièce, afin que celle-ci se refroidisse en passant de la température du milieu de trempe à celle de l'ambiante. Ainsi ce refroidissement va transformer en martensite toute l'austénite résiduelle transformable à l'ambiante. On peut passer ensuite aux autres traitements : cryogénie, revenus.

Dans le cas de revenus successifs, là aussi attendre entre chaque revenu que la lame retourne à l'ambiante pour faire le revenu suivant. La succession refroidissement/revenu, répétée va contribuer à éliminer l'austénite résiduelle. L'austénite résiduelle est de l'austénite non changée en martensite lors de la trempe. Plus on attend, plus cette austénite est difficile à transformer en martensite. De plus, elle diminue la dureté et fragilise la pièce. Selon les catégories d'aciers, il existe des règles de revenus à appliquer :

A/ Les aciers au carbone non alliés ou faiblement alliés : la dureté est liée à la température du ou des revenus. Cette température ne doit pas dépasser 300°.

Montée en température : la vitesse de montée est indifférente, les transformations s'effectuant sans changement de volume.

Maintien en température : les températures de revenus se situant généralement entre 200° et 280°, les maintiens vont d'un minimum de 30 minutes à 2 heures ou plus (quand c'est possible), selon les aciers, la pièce traitée. Un seul revenu suffit en général. Quand ne peut pas maintenir la température, refroidir et recommencer 2 ou 3 fois.

Le refroidissement doit être rapide, habituellement dans l'eau. Ce type de revenu effectué avec des températures de 200° à 280° est souvent utilisé par les couteliers forgerons sur beaucoup d'aciers de coutellerie artisanale. Il est dit de «détente». Il fait baisser partiellement certaines caractéristiques des aciers utilisés dont la dureté.

Toutefois, il augmente d'autres qualités dont l'élasticité, ce qui est un des buts recherchés.

L'ensemble des qualités recherchées, dureté, résistance à l'usure, élasticité, aptitude à la coupe, à l'affûtage, etc... font que les revenus doivent permettre d'obtenir le meilleur compromis entre toutes ces qualités qui sont parfois opposées. D'autres fois, au contraire, les revenus devront favoriser une ou plusieurs caractéristiques de l'acier au détriment d'autres qualités. Tout dépend de l'utilisation pour laquelle on destine la lame.

B/ Les aciers fortement alliés : ils ont souvent une forte trempabilité due à leurs éléments d'alliage : carbone, chrome, nickel. Souvent, ils trempent à l'air calme. Pour ces aciers, la transformation de l'austénite résiduelle n'est jamais totale, cela dit pour en éliminer le plus possible, on peut faire un traitement par le froid (cryogénie), suivi de plusieurs revenus. Si on ne peut pas faire de traitement par le froid, effectuer plusieurs revenus successifs à des températures égales ou supérieures à 500°C, chacun de ces revenus suivi d'un refroidissement rapide à la température ambiante.

En effet, l'austénite résiduelle s'élimine au cours des refroidissements, il faut donc refroidir rapidement la pièce dans de l'huile, de l'eau, jusqu'à l'ambiante après chaque maintien vers 500°C. Il est recommandé d'accomplir un cycle tel que : trempé, refroidissement à l'ambiante, revenu / refroidissement rapide à l'ambiante / revenu / refroidissement rapide à l'ambiante. Ces aciers sont souvent plus durs et résistants après deux ou trois cycles qu'après un seul. A noter que plus la vitesse de refroidissement lors de la trempé est faible, plus la quantité d'austénite résiduelle est élevée.

Quelques conseils :

Il existe des crayons «thermochromes» dont la couleur change en fonction de la température atteinte (voir les fournisseurs de produits pour laboratoires ou pour traitements thermiques : Prolabo, Rhône Poulenc, ...).

Il vaut mieux ne pas assez chauffer lors d'un revenu et recommencer une fois de plus que trop chauffer. Trop chauffer peut faire perdre à l'acier une ou plusieurs des qualités recherchées et ainsi, on peut être obligé de retremper la lame.

Si disponible, se fier aux recommandations des fabricants d'aciers et se procurer une courbe d'évolution de la dureté selon la ou les températures de revenus. Lors de revenus successifs, à chaque revenu augmenter graduellement la température

soie/semelle, promener uniformément la flamme du chalumeau. Lame dos en bas, la flamme dirigée vers le bas doit toucher également les deux côtés de la lame. Si la température monte trop vite vers le tranchant, arrêter l'opération en plongeant la lame dans l'eau. La partie du dos convergeant vers le tranchant doit être chauffée avec précaution tranchant vers le bas, la flamme dirigée vers le haut. Souvent le tranchant doit être jaune plus ou moins foncé, le dos bleu. Le bleu ne doit, en général, pas être plus haut que le tiers de la largeur totale de la lame. Recommencer l'opération trois fois (après avoir blanchi la lame chaque fois).

Toutes ces méthodes demandent un peu d'entraînement pour être maîtrisées.

Nota Bene : Une astuce pour éviter de chauffer une partie de la lame que l'on estime suffisamment revenue et détendue par le ou les revenu(s) précédent(s), (exemple : le tranchant) , y planter une pomme de terre que l'on peut découper pour l'adapter à la partie à protéger. La masse du tubercule absorbera la chaleur. Cette astuce est surtout valable pour la première méthode de revenu décrite.

Chapitre 16 –Adresses utiles

AFNOR – Association française de Normalisation – Tour Europe – 92049 Paris La Défense Cedex - ☎ 01.42.91.55.55 – Télécopie 01.42.91.56.56

Vendent un fascicule N° A35-610 donnant les équivalences des nuances d'aciers étrangères avec les correspondances en aciers français.

OTUA : Office - Technique pour l'Utilisation de l'Acier – Immeuble Pacific- 13, rue Valmy – 92070 La Défense Cedex - ☎ 01.41.25.58.00 – Télécopie 01.41.25.55.70

Proposent à la vente une liste de publications sur l'acier. Parmi les titres les plus intéressants : « Bases de choix des aciers à outils », avec les traitements thermiques de nombreux aciers utilisés par le coutelier forgeron, courbes de revenu. De même pour «Conseils pour le traitement thermique des aciers à outils ».

PYC Edition – Département livres – 31, rue Général Delestraint – 75016 PARIS

☎ 01.40.71.82.06 – Télécopie 01.40.71.81.99

Autre adresse : 5, avenue de Verdun BP 105 – 94208 Ivry sur Seine ☎ 01.49.60.86.36

Vendent plusieurs livres intéressants dont «Principes de base des traitements thermiques, thermomécaniques et thermochimiques des aciers » par **Constant, Henry** et **Charbonnier**. Un livre pas toujours facile à lire pour un débutant, mais très instructif. Autres titres : « Les aciers à outils et leurs traitements thermiques » par **Colombier** – «Glossaire du traitement thermique » - et « Métallurgie pratique pour mécaniciens - Tome 2 » par **Massin Michel**.

Signalons l' **A.T.T.** (Association Technique du Traitement Thermique). Elle possède des antennes régionales. Adresse : 5, avenue de Verdun – BP 105 94208 Ivry sur Seine ☎ 01.46.72.66.96 – Télécopie 01.46.70.64.64

La Librairie du Compagnonnage – 2, rue de Brosse – 75004 PARIS

☎ 01.48.87.88.14 Télécopie 01.48.04.85.49

Vend plusieurs livres sur la forge dont « Travailler l'acier » par **Guy Murry**

Il existe plusieurs livres en anglais sur la forge et les traitements thermiques des couteaux : « Basic Bladesmith information » par **Wayne Goddard** –Dept. BL – 473 Durham – Eugene, Oregon 97404 – USA

Par **Jim Hrisoulas** : « The Complete Bladesmith », « The Master Bladesmith » chez Paladin Press – J. Vierke – Dept. B.L. – POB 1307 – Boulder CO 80306 USA

Par **Karl Schroen** : « The hand forged knife », disponible chez Blade 700 E State St.–Iola – WI 54990 – USA

Certains de ces ouvrages sont disponibles chez la **Librairie étrangère** – 16, rue des Lois – 31000 Toulouse ☎ 05.61.21.67.21

Les livres sur le fer forgé d'**Otto Schmirler** sont disponibles pour certains à la Librairie du compagnonnage. Autrement on peut écrire à Ernst Wasmuth Verlag GMBH & Co – Fürstrasse 133-D –72072 Tübingen -Autriche

Autres titres :« Métallurgie pratique pour mécaniciens » Tomes 1 et 2 par **Michel Massin**, chez **Pyc**« Précis de métallurgie » par **J. Barralis** et **G. Maeder**, chez **AFNOR/Nathan** – 75704 Paris Cedex 13

Il existe plusieurs livres sur la forge dont « The Blacksmith 's Craft » , édité par **The Rural Development Commission** – 141 Castle street – Salisbury – Wiltshire SP 13 TP -Angleterre

Chapitre 17 - Quelques conseils pratiques

Forgez et finissez des couteaux à lames courtes : ils sont souvent plus faciles à forger et à émoudre. De plus, ils prennent en général moins de temps à monter. On acquiert de la sorte plus vite du savoir-faire et de l'expérience.

Néanmoins, au début, vous risquerez d'avoir des échecs, que ce soit à la forge ou au montage du couteau. Ne vous découragez pas. Consultez d'autres couteliers, des associations, allez à des salons de coutellerie artisanale, récupérez toute la documentation que vous pourrez. N'oubliez pas que la *Guilde Française des Couteliers Forgerons* peut dans la mesure de ses moyens vous renseigner et/ou vous aider dans votre progression.

Soyez critique envers vos couteaux, au moins autant que vous pouvez l'être envers ceux des autres. La qualité de votre travail et son rythme de progression dépendent en partie de votre faculté à juger avec lucidité vos points faibles et vos points forts.

Règles de sécurité :

Le coutelier forgeron est amené à travailler avec des machines plus ou moins dangereuses. Les risques, en particulier de brûlures et de coupures, ne sont pas négligeables. Nous recommandons fortement de porter que ce soit à la forge ou ailleurs dans l'atelier, des lunettes de protection, un tablier et des vêtements de travail adéquats.

Pour la forge, une protection auditive est conseillée ainsi que des gants.

Pour les machines utilisées en coutellerie : là aussi prendre les précautions et règles de sécurité en usage, se méfier particulièrement des machines à émoudre et des tourets à polir : une lame peut être arrachée (entraînée) et partir à travers la pièce.

Le travail de certains matériaux (métaux, bois) provoque des phénomènes allergiques parfois violents, si possible utilisez un masque, relié de préférence à une aspiration.

Dans tous les cas, il existe des règles de sécurité à respecter, s'y conformer. Prévoir une trousse de secours (avec garrot), un extincteur (ou plusieurs). Avoir à portée de

regard les numéros d'appel d'urgence : Pompiers, SAMU, et si possible un téléphone portable à portée de main.

Aucun métier ou passe temps ne vaut que l'on y perde la vie, un œil, voire même des facultés auditives...

La Guilde Française des Couteliers Forgerons ne pourra être tenue pour responsable du non respect de règles de sécurité ayant entraîné des accidents.

Pour ceux qui désirent contacter la Guilde Française des Couteliers Forgerons :

Guilde Française des Couteliers Forgerons
Yves PELLEQUER – La Vialasse – 48220 Pont de Montvert
☎ 04.66.45.83.23

