

# "Machine capability" de boulonneuses Quelle est la précision de la 'précision de couple'?

A l'heure actuelle, on cite volontiers l'indice de "machine capability" pour caractériser la précision de couple de boulonneuses. Mais cette valeur à elle seule n'est pas suffisante. Elle doit être complétée par des informations sur la classe d'assemblage, la tolérance de couple et d'écart-type.

■ ■ ■ ■ Dans le secteur du montage, on entend affirmer tout le temps qu'une boulonneuse utilisable doit avoir au minimum un  $c_{mk}$  de 1,67, voire de 2. Lorsque la conversation se poursuit, il apparaît que pratiquement personne ne sait précisément ce que signifie cette valeur, ni comment elle est obtenue. En outre, on suggère de plus en plus à l'heure actuelle qu'une valeur  $c_{mk}$  de 1,67, popularisée par l'industrie automobile, est synonyme d'une précision de couple accrue. Il y a peu, lors d'une présentation, nous avons vu le texte suivant à propos d'une boulonneuse d'angle: «en combinaison avec l'accouplement optimisé, une précision de  $c_{mk} > 1,67$  a été atteinte pour l'ensemble de la plage de couple». Cependant, ce qu'on qualifie de «machine capability»  $c_{mk}$  peut être déterminée uniquement par l'utilisateur de l'outil, et non par le fabricant de l'outillage. Lorsque cet indice s'applique à des outils de montage, la valeur  $c_{mk}$  détermine la tolérance avec laquelle la boulonneuse doit fonctionner dans une plage de couple donnée. Cette tolérance dépend de la classe de boulon et varie d'un utilisateur à l'autre, entre  $\pm 5$  et  $\pm 15$  %.

## Trois précisions différentes

Il est clair que la définition de la précision d'une boulonneuse implique davantage d'éléments. Ainsi, l'affirmation: «la boulonneuse possède une précision de  $c_{mk} > 1,67$ » n'a aucune signification. Si l'utilisateur applique une tolérance de  $\pm 5$  % pour son application spécifique de boulonnage, en d'autres termes 10 % au total, cette boulonneuse devrait présenter d'origine une précision de couple d'au moins 10 divisé par 1,67; arrondi 6 %, soit  $\pm 3$  % – et cela en plus de l'écart-type statistique de 6 sigmas. Si nous partons du principe

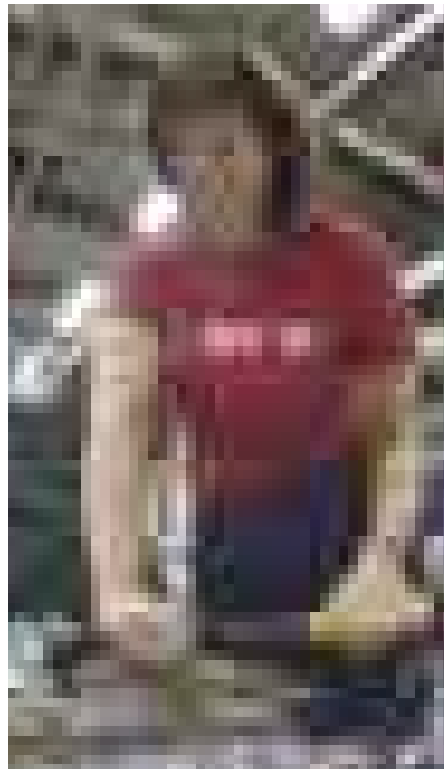


photo: Atlas Copco

*En principe, les termes de "machine capability" et de "process capability" signifient la même chose. La "process capability" est cependant déterminée dans la ligne de montage, et la "machine capability" dans une configuration de laboratoire*

que l'utilisateur n'est pas aussi précis et souhaite appliquer une tolérance de couple de seulement  $\pm 10$  %, cette boulonneuse devrait toujours fonctionner avec une précision d'environ  $6+ \%$  ( $\pm 3$  sigmas) afin de réaliser une précision de minimum 1,67. Beaucoup d'utilisateurs qualifieraient une telle boulonneuse d'outil de précision – surtout lorsque cet outil doit garantir cette précision (mesurée selon ISO 5393) pendant

250 000 cycles, et ce pour des assemblages boulonnés francs et progressifs. Il est clair que la précision d'une boulonneuse implique davantage de facteurs. La valeur  $c_{mk}$  à elle seule, sans une indication de la tolérance à réaliser, est en tout cas insuffisante. Dans les exemples ci-dessus, la boulonneuse présentait des précisions de couple entre le fantastique  $\pm 3$  % et le normal  $\pm 9$  %, et réalisait malgré tout une valeur  $c_{mk}$  de 1,67.

Quel est alors finalement le but de la détermination de la «machine capability»? Si nous admettons qu'un assemblage doit être serré avec un couple de 10 Nm et une précision de  $\pm 10$  %, et que la boulonneuse doit avoir un  $c_{mk}$  de 1,67, cela signifie la marge de sécurité.

## Marge de sécurité

Si nous partons d'une précision de couple de  $\pm 10$  % (une largeur de bande de 20 %) souhaitée par le constructeur, la marge de sécurité signifie que la valeur du couple réalisée par l'outil peut avoir une variation de 2 Nm. Cela signifie que le couple minimal peut être de 9 Nm, et maximal, de 11 Nm. Mais nous sommes confrontés alors avec l'assurance-qualité, qui prescrit qu'une précision de couple prescrite par le constructeur dans le processus de montage, avec toutes les incertitudes associées, doit être garantie dans tous les cas. Voilà pourquoi la tolérance constructive de 2 Nm est encore limitée par un coefficient de sécurité statistique; la capacité machine souhaitée  $c_{mk}$ . Lorsqu'un  $c_{mk} > 1,67$  est souhaité, cela signifie que la boulonneuse peut utiliser à maximum 60 % la tolérance souhaitée par le constructeur. La valeur  $c_{mk}$  est calculée en effet en divisant 1 par la valeur concernée en pour cent; dans ce cas donc  $1: 0,6 = 1,67$ . Lorsque la tolérance doit être de 50 % (donc double sécurité), la valeur  $c_{mk}$  devient  $1: 0,5 = 2$ , et à 75 %,  $1: 0,75 = 1,33$ .

Dans cet exemple, admettons que la boulonneuse doit réaliser une valeur  $c_{mk}$  de minimum 1,67 pour une qualité donnée de boulon. Dans ce cas, les couples ne peuvent plus s'écarter



de 2 Nm ( $\pm 1$  Nm), donc entre 9 et 11 Nm, mais seulement 2:  $1,67 = 1,2$  Nm (soit  $\pm 0,6$  Nm). Lorsqu'on applique cette tolérance de  $\pm 0,6$  Nm sur le couple nominal de 10 Nm, cela signifie que la boulonneuse doit présenter une précision de  $\pm 6$  %.

Si la boulonneuse pouvait réaliser uniquement la précision de  $\pm 10$  % prescrite par le constructeur, le département d'assurance-qualité la considérerait inappropriée pour cette classification de boulon. La valeur  $c_{mk}$  est un rapport qui fournit des valeurs telles que 1,67 ou 1,33. Cette valeur indique le rapport entre la tolérance prescrite pour une classe donnée de boulons et la variation réelle du couple de la boulonneuse mesurée dans une série de tests.

### "Machine capability" et "process capability"

Le concept de "machine capability" provient du "système de contrôle statistique de procédé" (SPC) développé dans l'industrie automobile. Un processus, par exemple un assemblage boulonné, peut être commandé statistiquement uniquement lorsque les boulonneuses possèdent une valeur  $c_{mk}$  (minimale) déterminée. Lorsque celle-ci n'est pas disponible, il est simplement impossible de réaliser un processus SPC. On utilise pour cela le terme de "process capability".

En principe, les termes de "machine capability" et de "process capability" signifient la même chose. La "process capability" est cependant déterminée dans la ligne de montage (en incluant donc tous les facteurs qui influencent le processus de vissage), et la "machine capability" dans une configuration de laboratoire (dans laquelle tous les facteurs variables, comme les fautes de manipulation ou les erreurs dans le montage des pièces, sont exclus). Ce faisant, le statisticien  $c_{mk}$  s'intéresse aux écarts par rapport aux valeurs moyennes de tous les cycles de serrage de l'échantillonnage par rapport au couple nominal prescrit pour l'assemblage. Pour déterminer si la boulonneuse présente la valeur  $c_{mk}$  souhaitée, on teste généralement cinquante assemblages pour une application de boulonnage déterminée.

### Sans le sigma, la précision de couple n'est pas précise

Mais revenons à la précision de couple. Du point de vue statistique, la définition de cette précision n'a pas de sens lorsqu'elle n'est

pas couplée à l'écart-type statistique en sigma. L'affirmation qu'une boulonneuse possède une précision de couple de  $\pm 5$  % ne fait aucune impression sur un contrôleur de qualité expérimenté. Et pourtant, cela s'avère très précis. Cette précision indique que tous les couples diffèrent entre eux de maximum 10 % et qu'il n'y a pas d'aberrants. Ainsi, si cette boulonneuse est réglée sur un couple

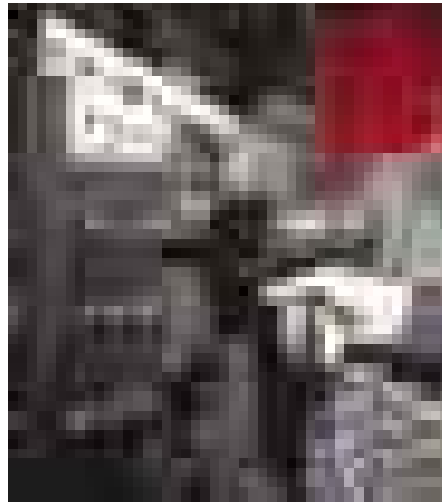


photo s: Atlas Copco

*Dans le secteur du montage, on entend affirmer tout le temps qu'une boulonneuse utilisable doit avoir au minimum un  $c_{mk}$  de 1,67, voire de 2. Lorsque la conversation se poursuit, il apparaît que pratiquement personne ne sait précisément ce que signifie cette valeur, ni comment elle est obtenue.*

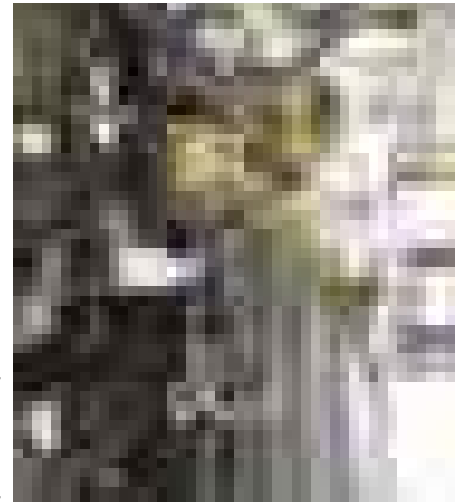
nominal de 20 Nm, on peut constater avec 100 % de certitude que tous les assemblages seront serrés avec minimum 19 et maximum 21 Nm

Mais cela ne correspond pas à l'expérience des statisticiens. Un statisticien part du principe d'une distribution Gauss normale et sait que rien n'est absolument exact, donc pas non plus une boulonneuse précise à 100 %. Voilà pourquoi les contrôleurs de qualité sont déjà satisfaits lorsque le couple se situe dans un écart sigma avec une largeur de bande de 3 sigmas à droite et 3 sigmas à gauche de la valeur moyenne. Cela permet de décrire 99,73% de toutes les valeurs possibles. Voilà pourquoi une indication véritablement précise de la précision de couple exige également d'indiquer l'écart-type (la déviation-type). On pourrait le faire de la manière suivante, p. ex.: la boulonneuse fonctionne avec le couple réglé (p. ex. 10 Nm) avec une précision de  $\pm 10$  % sur  $\pm 3$  sigmas. Cela correspond à 20% sur 6 sigmas.

### L'écart moyen

Pour de nombreux contrôleurs de qualité, cela ne suffit pas encore non plus, parce que

cette donnée peut concerner uniquement un assemblage franc ou progressif donné. Dans la pratique cependant, la même boulonneuse ne sera pas utilisée exclusivement pour une seule application déterminée. Il faut donc tenir compte de ce qu'on qualifie de "mean shift". Ce dernier permet de déterminer une distribution moyenne de la précision de serrage pour les assemblages boulonnés mi-francs ou mi-



progressifs. Selon ISO 5393, un assemblage est franc lorsque le couple final est atteint à un angle de décalage du boulon de  $30^\circ \pm 2^\circ$  à partir du moment où la tête du boulon est en contact avec la surface du matériau. Un assemblage est progressif lorsque cela nécessite un angle de décalage de  $720^\circ$ . Une boulonneuse qui possède un couple extrêmement précis pour des assemblages progressifs peut fonctionner de façon totalement imprécise avec des assemblages francs. Un fabricant de boulonneuses sera alors tenté d'indiquer uniquement la précision pour les assemblages progressifs. Les moins bonnes qualités pour les assemblages francs n'apparaîtront dès lors que lorsque la boulonneuse devra faire ses preuves dans la pratique. L'écart-type constitue une bonne protection contre de telles surprises ennuyeuses. Toutes ces valeurs restent cependant imprécises s'il n'est pas clair de quelle manière elles sont déterminées (p. ex. ISO 5393) et pour combien d'assemblages (cycles d'assemblage) elles valent. Cette information revêt une grande importance lorsque l'utilisateur veut être certain que la précision est vraiment précise dans la réalité.

A.C.