

# ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO DE VÁLVULAS DE NIMONIC 80

Watanabe, C.T.; Moreira, M.R.V.; Nogueira, J.L. e Ribeiro, M.V.  
Laboratório de Estudo da Usinagem – DEMAR-FAENQUIL – Lorena/SP  
e-mail: mzenega@ppgem.fauenquil.br.

**Resumo:** *A escolha da ferramenta adequada para uma determinada operação e a determinação correta das condições de usinagem, representam um papel importante no trabalho com os metais, sendo um fator determinante da evolução das máquinas-ferramenta e das ferramentas de corte. A usinagem de metais é um processo complexo, e a complexidade é, além disso, composta pela variedade de operações e materiais envolvidos. Hoje, a usinagem é freqüentemente realizada em máquinas-ferramenta de comando numérico, com ferramentas múltiplas constituídas de pastilhas, suportes e fixações. As decisões para a seleção de ferramentas, a determinação de parâmetros de usinagem e tempos de troca de ferramenta são feitas pelos planejadores de processo, programadores e operadores de máquina em diferentes estágios da fabricação. Esta partilha de responsabilidade e a escassez de interação com o processo têm dificultado em muito a tomada de decisões de uma forma otimizada em relação ao ferramental e ao processo em si. O trabalho proposto visa promover a otimização dos processos de usinagem em torneamento em uma célula de manufatura, utilizando para isso uma metodologia de otimização do processo baseado na condição de máxima produção, através da determinação dos coeficientes da equação de vida de Taylor da ferramenta em ambiente de chão de fábrica. O objetivo é proporcionar aumentos reais de produtividade e qualidade nas indústrias, sem a necessidade de investimentos em novos meios de produção, e valorizando a utilização da informação dentro do sistema produtivo.*

Palavras-chave: usinagem, otimização, manufatura celular, nimonic 80.

## 1 – INTRODUÇÃO

A otimização das condições de produção sempre foi um dos objetivos básicos da indústria manufatureira, sendo um fator determinante da evolução das máquinas-ferramenta e das ferramentas de corte. Uma das maneiras de otimizar a produção diária de peças é a diminuição dos tempos da usinagem. Uma análise do processo permite a redução destes tempos, através da escolha correta da ferramenta, utilização de avanços e profundidade de corte coerentes com a capacidade da máquina-ferramenta, utilização adequada do fluido de corte, etc. Vilella<sup>(1)</sup>.

A velocidade de máxima produção ( $v_{mxp}$ ) é a velocidade de corte para a qual a soma dos tempos de troca de ferramenta e de usinagem é mínimo, ou seja, é a velocidade na qual ocorre equilíbrio entre os efeitos positivos (maior taxa de remoção de cavaco) e negativos (maior frequência de troca de ferramentas).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia prática para otimização, pela máxima produção, da velocidade de corte. A aplicação foi feita numa fábrica de válvulas para motores de combustão interna, numa célula de manufatura composta por quatro tornos de comando numérico, em que a produção era feita por lotes. Nesta célula de manufatura trabalham dois operadores. Cada operador era responsável por duas máquinas, nas quais são usinados o diâmetro, o chanfro e a face em uma máquina, em outra máquina é usinada uma região de concordância, chamada de “enchimento”. Este trabalho é uma complementação de Ribeiro<sup>(2)</sup>, no qual se buscou a otimização da operação de torneamento da região do “enchimento” da válvula. Com os testes avaliou-se a aplicabilidade da metodologia em condições de produção.

## 2 - A USINAGEM E A OTIMIZAÇÃO

Os aperfeiçoamentos dos sistemas flexíveis de fabricação (FMS) e dos instrumentos de controle computadorizados têm implicado na necessidade de novas abordagens para se estimar parâmetros e avaliar a utilização de recursos conectados com os processos de produção Zavanella<sup>(3)</sup>. Neste cenário, um elemento de interesse significativo, tanto a partir de aspectos tecnológicos quanto econômicos, é o espectro necessário de ferramentas para se completar o ciclo de remoção de cavacos, ou seja, número ótimo de itens em cada família de ferramentas.

A análise do custo de produção de lotes de peças é um aspecto fundamental na avaliação do sistema de manufatura, devido à necessidade de um cálculo preciso e confiável da rentabilidade do investimento e do tempo de amortização. Neste aspecto, de acordo com Maccarini<sup>(4)</sup>, os ciclos de usinagem das peças passam a ter um papel fundamental e enfatizam a função básica das ferramentas, como uma consequência da contribuição delas para um relevante aumento do valor agregado do produto compatível com o trabalho de corte.

Tradicionalmente na usinagem dos metais, o custo tem sido o principal critério para a seleção de parâmetros de usinagem tais como a velocidade e o avanço Malakooti<sup>(5)</sup>. No problema de usinagem de multi-objetivos, porém, muitos critérios são considerados. Os critérios geralmente estão em conflito; por exemplo, a maximização da taxa de produção (ou seja, a taxa de remoção de material) pode aumentar o custo total pelo aumento da taxa de desgaste da ferramenta. Isto é, a seleção de variáveis de decisão diferentes tais como avanços e velocidades têm consequências diferentes em termos de custos, produtividade e qualidade da usinagem (ou seja, acabamento superficial).

Questões específicas da ferramenta, e que são importantes no gerenciamento, incluem o número e tipos de ferramentas, taxas de velocidades da ferramenta, taxas de avanço da ferramenta e a tecnologia usada para monitorar e controlar a usinagem e as condições de ferramental. Para um dado conjunto de máquinas, estes fatores determinam a qualidade das peças produzidas e a efetiva capacidade das máquinas. De acordo com Gray<sup>(6)</sup>, em manufatura automática, estas escolhas são mais críticas do que nas operações manuais, por causa do nível de integração necessário entre as várias funções de produção, e o maior capital e tempo envolvidos no desenvolvimento do *software*, *hardware* e suporte técnico para a manufatura automática.

## 3 - OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM

Quando se deseja trabalhar com modelos de otimização das condições de usinagem, deve-se primeiro exprimir a vida em função da velocidade de corte. Tal procedimento implica na definição do

que é *vida* e de que maneira pode-se quantificá-la. Denomina-se vida de uma ferramenta o tempo que a mesma trabalha efetivamente, até perder sua capacidade de corte, dentro de um critério previamente estabelecido. A perda da capacidade de corte é avaliada geralmente através de um determinado grau de desgaste.

A definição do critério de vida é de fundamental importância por influenciar os coeficientes experimentais  $x$  e  $K$  da Equação de Taylor, por exemplo. O tempo de vida da ferramenta ( $T$ ), em minutos, pode ser calculado pela Equação (1), onde  $v_c$  é a velocidade de corte, em m/min. A mudança do critério ou a utilização de um critério inadequado para uma situação específica pode alterar significativamente os valores ótimos obtidos por qualquer modelo.

$$T = \frac{K}{v_c^x} \quad (1)$$

A função objetivo estabelece uma relação matemática entre o critério de otimização e as variáveis que caracterizam o processo a ser otimizado. Na seleção do critério de otimização deve-se estabelecer um objetivo econômico a atingir, dando-se preferência ao compromisso entre custos e tempo de usinagem. Qualquer que seja o critério de otimização selecionado a função objetivo deve ser uma função das condições de corte: avanço ( $f$ ), profundidade de corte ( $a_p$ ) e velocidade ( $v_c$ ).

O aumento da velocidade de corte também permite obter uma maior taxa de remoção de cavaco e, conseqüentemente, reduzir o tempo de usinagem. Entretanto, o aumento da velocidade de corte tem um efeito negativo sobre a vida da ferramenta, o que pode provocar o aumento do tempo de fabricação devido à necessidade de trocas mais freqüentes de ferramentas.

O critério de fim de vida da ferramenta sempre pode ser usado, mas em algumas situações é necessário utilizar um critério indireto, relacionado com a vida da ferramenta, como quebra da ferramenta por desgaste exagerado (fratura súbita), qualidade da superfície (rugosidade), tolerância dimensional, nível de acréscimo da força ou momento torsor de corte ocasionado pela evolução do desgaste, etc.

A metodologia de otimização aplicada é baseada na determinação da velocidade de máxima produção ( $v_{mxp}$ ) a partir da definição dos coeficientes da equação de vida de Taylor em ambiente fabril. Para tanto, segundo Ribeiro<sup>(1)</sup>, os seguintes procedimentos devem ser tomados:

- Medidas estatísticas do tempo de corte por peça ( $t_c$ ) e do tempo de troca da aresta ou da troca da ferramenta ( $t_{Tf}$ );
- Para as condições adotadas, usinar a peça em questão determinando o número médio de peças usinadas por aresta de corte ( $z'$ ) e,
- Adotar valor de velocidade ( $v_c''$ ) 20% diferente que ( $v_c'$ ) e, para esta nova velocidade de corte, determinar o número médio de peças usinadas por aresta de corte ( $z''$ ).

Para se obter este valor, segundo Ferraresi<sup>(7)</sup>, através da equação (2), deve-se calcular os expoentes da equação de Taylor ( $x$  e  $K$ ) e o tempo de troca de ferramenta, em minutos.

$$v_{mxp} = \sqrt[x]{\frac{K}{(x-1) \cdot t_{Tf}}} \quad (2)$$

Os coeficientes  $x$  e  $K$  podem ser obtidos através do número de peças usinadas para duas velocidades de corte. Como para se realizar a operação de corte se tornou necessário ora a variação da velocidade e ora a variação da rotação vamos usar a velocidade média ( $v_m$ ) para a operação em questão, utilizando as equações (3) e (4).

$$x = 1 + \left[ \frac{\log(z'/z'')}{\log(v_m''/v_m')} \right] \quad (3)$$

Onde estão representadas a vida média da aresta para a primeira condição, em número de peças ( $z'$ ), para a segunda condição idem ( $z''$ ); e as velocidades de corte média da primeira condição, em m/min. ( $v_m'$ ) e para a segunda condição ( $v_m''$ ). Esta velocidade média, pode ser calculada pela relação entre o comprimento de corte ( $l_c$ ), e o tempo de corte ( $t_c$ ), conforme equação (4).

$$v_m = \frac{l_c}{t_c} \quad (4)$$

Para o cálculo do comprimento de corte foi usada uma metodologia desenvolvida por Nogueira<sup>(7)</sup>. A operação de faceamento em um torno é realizada através do movimento rotacional da peça e do movimento radial da ferramenta de corte sobre a superfície da face em questão. O movimento radial da ferramenta combinado com o movimento rotacional da peça (faceamento) permite a remoção do material na forma de uma espiral. Para determinar o comprimento de corte na operação de faceamento recorreu-se a equações da geometria plana que permitiram calcular o comprimento de um arco de circunferência ( $\omega_r$ ) conforme a equação (5). Onde  $D_i$  é o diâmetro inicial,  $D_f$  é o diâmetro final,  $f$  é o avanço e  $m$  é o ângulo do arco descrito.

$$\omega_r = \frac{\delta}{180} \cdot \sum_{n=1}^{n=\frac{D_i-D_f}{2f}} \sum_{m=0}^{m=360} \left[ \frac{D_i}{2} - f \left( n - \frac{m}{360} \right) \right] \quad (5)$$

Para o cálculo do valor do coeficiente  $K$  da equação de vida de Taylor aplica-se a equação (6):

$$K = z \cdot v_m^x \cdot t_c \quad (6)$$

Se a  $v_{m_{xp}}$  estiver entre  $v_c'$  e  $v_c''$  esta passa a ser denominada velocidade de corte selecionada ( $v_{c_{SEL}}$ ), caso isso não ocorra deve-se proceder um novo ensaio e a seguir o cálculo da nova  $v_{m_{xp}}$ , até que o valor encontrado da velocidade se encontre no intervalo. A seguir de posse dos dados já colhidos até então, é possível efetuar o cálculo do custo de usinagem por peça ( $C_{tp}$ ), utilizando-se a expressão (7), segundo Ribeiro<sup>(2)</sup>, expressão esta desenvolvida a partir das equações de custo de Ferraresi<sup>(8)</sup>, onde  $C_{um}$  é o custo de utilização da máquina, em US\$/min;  $P_{sup}$  é o preço do suporte, em US\$,  $T_{sup}$  é sua vida em termos do número de arestas;  $P_{ins}$  é o preço do inserto, em US\$ e  $N_{ins}$  é o número de arestas que o inserto possui.

$$C_{tp} = C_{um} \cdot t_{um} + \left( \frac{\frac{P_{sup}}{T_{sup}} + \frac{P_{ins}}{N_{ins}} + C_{um} \cdot t_{Tf}}{z} \right) \quad (7)$$

O tempo de utilização da máquina ( $t_{um}$ ), em min/peça, é dado pela equação (8), onde ( $t_i$ ), em min/peça, refere-se aos tempos improdutivos e de manuseio,  $T_A$ , em minutos, é a vida de uma aresta da ferramenta e  $Z$ , em peças, refere-se ao lote produzido em um mês.

$$t_{um} = t_c + t_i + \left( \frac{t_c}{T_A} - \frac{1}{Z} \right) \cdot t_{Tf} \quad (8)$$

#### 4 – OS TESTES

O teste consistiu no acompanhamento da operação de torneamento de semi-acabamento em um torno de comando numérico (CNC) de uma válvula de escape para um motor de combustão interna Watanabe<sup>(9)</sup>. A válvula foi anteriormente forjada, e é composta de dois materiais diferentes: a haste é de aço e a cabeça é de uma liga de níquel (Nimonic 80), ambas as partes são soldadas. A usinagem em questão limitou-se somente à região da liga de níquel, sendo realizadas as seguintes operações: diâmetro da cabeça (em dois passes), chanfro, e faceamento (em dois passes), conforme Figura 1. Foi usado um fluido de corte, o qual é o normalmente utilizado nas operações de usinagem da célula.

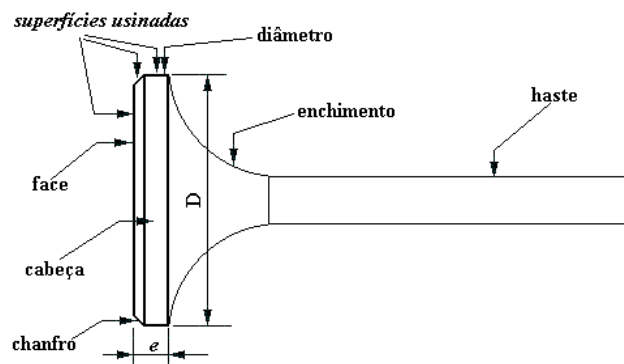


Figura 1 - Representação esquemática da válvula.

Quanto ao critério de fim de vida da ferramenta, foi utilizada a rugosidade superficial, porém sua determinação dependia da avaliação subjetiva do operador, pois não havia um rugosímetro disponível para se realizar o controle da rugosidade das peças trabalhadas. A qualidade dimensional das peças também foi usada como critério de fim de vida e era verificada freqüentemente em relação à espessura ( $e$ ) da base da válvula e ao diâmetro ( $D$ ) da cabeça.

Os testes foram divididos em duas etapas: na primeira etapa, basicamente se realizou uma variação das velocidades de corte da face, mantendo constante os outros parâmetros; na segunda etapa, além da modificação da velocidade de corte da face, modificou-se também a velocidade de corte do diâmetro.

Uma primeira bateria de testes foi feita, utilizando-se 4 velocidades iniciais de corte ( $v_{CI}$ ) no faceamento e uma velocidade de corte para o diâmetro e o chanfro, para um comprimento de corte de 15,14 m e uma rotação máxima, mantendo-se constantes o avanço e a profundidade de usinagem. O tempo de troca de ferramenta cronometrado foi de 0,75 min. O turno de trabalho era de 8 horas, mas como havia o tempo para as refeições e outras permissões, considerou-se que eram trabalhadas efetivamente 7 horas. Para o cálculo de custos considerou-se um lote de 4.000 peças/mês, que é o número médio de produção, em um mês, da válvula estudada. Os parâmetros utilizados na primeira etapa dos testes são apresentados na Tabela 1. O valor do avanço é o normalmente utilizado na célula, e

optou-se não modificá-lo. A profundidade de corte é o sobre metal resultante do processo de forjamento.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros utilizados na primeira etapa dos testes.

Rotação máxima (rpm)	1600			
Avanço (mm/volta)	0,1			
Profundidade de corte (mm)	0,4			
<b>Primeira Etapa</b>				
Velocidade de corte do diâmetro (m/min)	120			
Vel. de corte da face ( $v_{CI}$ ) em m/min	80	95	115	140
<b>Segunda Etapa</b>				
Vel. de corte da face (m/min)	160			
Vel. de corte do diâmetro ( $v_{CI}$ ) em m/min (m/min)	80	95	115	140

A segunda etapa dos testes foi realizada com a mudança da velocidade de corte do diâmetro que era de 120 m/min para 140 m/min e 160 m/min sucessivamente, mantendo-se as velocidades de corte da face, do avanço e a profundidade de usinagem. Com os testes observou-se que o aumento da velocidade de corte do diâmetro não determinou o fim de vida das pastilhas, sendo a velocidade de corte da face o limitante na vida das ferramentas. Então se optou fazer os testes com as velocidades de corte da face usadas anteriormente e com a velocidade de corte do diâmetro de 160 m/min. Foram cronometrados os tempos de corte e de ciclo com as novas condições, e utilizou-se o número de peças usinadas anteriormente para cada velocidade de corte da face. Os parâmetros utilizados na segunda etapa dos testes são apresentados também na Tabela 1.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os testes realizados foi possível colher alguns dados que foram verificados estatisticamente e que são apresentados na Figura 2. através da curva de vida da ferramenta na primeira etapa de testes.

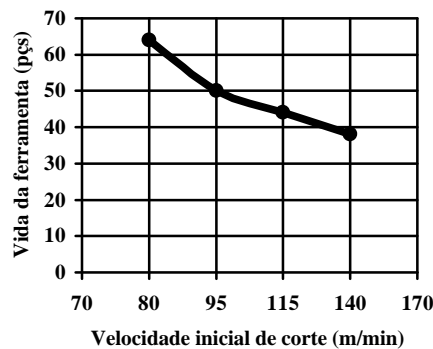


Figura 2 - Curva de vida da ferramenta usada na primeira etapa de testes.

Pela Figura 2 nota-se que com o aumento das velocidades o número de peças produzidas por aresta vai diminuindo. À medida que a velocidade de corte cresce, aumenta a abrasão (ou atrito) mecânica e a temperatura da ferramenta. O aumento do atrito provoca maiores desgastes na ferramenta, pois o aumento da temperatura provoca uma diminuição na dureza da ferramenta.

Pode-se inferir também que à medida que se aumenta a velocidade de corte, o trecho em que ela se mantém constante fica menor. Como a rotação máxima é fixada em 1.600 rpm, à medida que o diâmetro da cabeça da válvula vai diminuindo no faceamento, não é possível manter a velocidade constante. Portanto, aumentar muito a velocidade de corte não se torna vantajoso, pois o trecho de atuação se torna muito pequeno.

Constam na Tabela 2 os valores cronometrados para os tempos do ciclo de usinagem. Como a operação de faceamento se mostrou mais crítica, optou-se em centrar o foco da otimização nesta operação. Na Tabela 3 são mostrados os resultados desta otimização.

Tabela 2 - Valores de tempo da primeira etapa dos testes

Velocidade inicial de corte (m/min)		Tempos					
		de ciclo (min)	de corte (min)	de corte da face (min)	improdutivos e de manuseio (min)	de utilização da máquina (min)	total para 4.000 peças (h)
Face	Diâmetro						
80	120	0,463	0,307	0,193	0,156	0,475	31,67
95	120	0,449	0,293	0,177	0,156	0,464	30,93
115	120	0,441	0,285	0,168	0,156	0,458	30,53
140	120	0,433	0,277	0,160	0,156	0,453	30,20

Tabela 3 - Resultados da otimização

	1º INTERVALO (80-95)	2º INTERVALO (95-115)	3º INTERVALO (115-140)
$x$ de Taylor	3,816	3,445	4,000
$K_e$ de Taylor	$2,08 \times 10^8$	$4,01 \times 10^7$	$4,21 \times 10^8$
$v_{mxpe}$ (m/min)	138,30	101,53	129,44

Com base na formulação do custo corrente calcula-se os custos referentes a cada condição testada. Na Tabela 4 são apresentados os valores encontrados para o custo de máquina, o de ferramenta e o custo total, todos relativos a uma peça, por meio da equação 7.

Tabela 4 - Valores de custos da primeira etapa dos testes

Velocidade de corte (m/min)		Custo			
		da máquina (US\$/pç)	da ferramenta (US\$/pç)	total (US\$/pç)	total para 4000 peças (US\$)
Face	Diâmetro				
80	120	0,713	0,0698	0,783	3132,00
95	120	0,696	0,0894	0,785	3140,00
115	120	0,687	0,1016	0,789	3156,00
140	120	0,679	0,1176	0,797	3188,00

Como era esperado observa-se que com o aumento da velocidade de corte há diminuição no tempo de fabricação do lote. A maior redução foi obtida com a velocidade de 140 m/min, e foi de aproximadamente 1,5 hora. O custo de fabricação aumentou com o aumento da velocidade de corte. Resultou num aumento de US\$ 56,00 para a velocidade de 140 m/min. A Tabela 5 apresenta valores de produção e custos dos lotes na primeira etapa dos testes, nesta tabela constam a vida da aresta em número de peças ( $z$ ) e esta vida em minutos ( $T_A$ ) também.

Tabela 5 - Valores de produção da primeira etapa dos testes

$V_{CI}$ (m/min)	$z$ (pçs)	$T_A$ (min)	Arestas por turno ( $A_t$ )	Peças por turno ( $Z_{turno}$ )	Custo do lote por turno (US\$)
80	64	19,65	13,48	862	674,95
95	50	14,65	17,54	877	688,45
115	44	12,54	20,10	884	697,48
140	38	10,53	23,39	888	707,74

Foram realizados então os testes variando a velocidade de corte para o diâmetro, após os testes os dados foram armazenados no sistema, depois de feita a verificação estatística os resultados puderam ser apresentados a seguir. Na Tabela 6 são apresentados os valores cronometrados para os tempos do ciclo de usinagem quais sejam: o tempo de corte, o de manuseio e o improdutivo. Todos quantificados em minutos. A primeira linha da Tabela apresenta dados para uma rotação máxima de 1.600 rpm e velocidade de corte do diâmetro de 120 m/min, valores tomados como referência.

Tabela 6 - Valores de tempo da segunda etapa dos testes

Velocidade inicial de corte (m/min)		Tempo				
		de ciclo (min)	de corte (min)	improdutivos e de manuseio (min)	de utilização da máquina (min)	total para 4.000 peças (h)
Face	Diâmetro					
80	120	0,463	0,307	0,156	0,475	31,67
80	160	0,450	0,294	0,156	0,462	30,80
95	160	0,436	0,280	0,156	0,451	30,07
115	160	0,428	0,272	0,156	0,446	29,73
140	160	0,420	0,264	0,156	0,440	29,33

Na Tabela 7 são então apresentados os valores de custo para cada situação do teste, além da relação custo/benefício ( $R_{CB}$ ) em relação à condição de referência.

Tabela 7 - Valores de custos na segunda etapa dos testes

Velocidade inicial de corte (m/min)		Custo				$R_{CB}$ (%)
		da máquina (US\$/pç)	De ferramenta (US\$/pç)	total (US\$/pç)	total de 4000 peças (US\$)	
Face	Diâmetro					
80	120	0,713	0,0698	0,783	3132,00	-
80	160	0,693	0,0698	0,763	3052,00	2,55
95	160	0,677	0,0894	0,766	3064,00	2,17
115	160	0,668	0,1016	0,769	3076,00	1,79
140	160	0,660	0,1176	0,778	3112,00	0,64



Nesta etapa dos testes obteve-se uma diminuição de mais de duas horas no tempo total de fabricação para 4 000 peças para a velocidade de 140 m/min. Obteve-se uma diminuição nos custos de US\$ 80,00 para a velocidade de 80 m/min. A Tabelas 8 apresenta valores de produção e custos dos lotes na segunda etapa dos testes.

Tabela 5.9 - Valores de produção na segunda etapa dos testes

<b>V<sub>CI</sub></b> <b>(m/min)</b>	<b>z</b> <b>(pçs)</b>	<b>T<sub>A</sub></b> <b>(min)</b>	<b>Arestas p/</b> <b>turno (A<sub>t</sub>)</b>	<b>Peças p/ turno</b> <b>(Z<sub>t</sub>)</b>	<b>Custo do lote por turno</b> <b>(US\$)</b>
<b>80</b>	64	19,65	13,48	862	674,95
<b>80</b>	64	18,82	13,85	886	676,02
<b>95</b>	50	14,00	18,03	901	690,17
<b>115</b>	44	11,97	20,66	909	699,02
<b>140</b>	38	10,03	24,04	913	710,31

## 6 - CONCLUSÕES

A metodologia adotada se mostrou bastante prática, pois os resultados foram obtidos sem que se causasse o menor transtorno ao processo produtivo, ou seja, a atuação do sistema foi a menos intrusiva possível, chegando a ponto de ao contrário, aumentar a produção da máquina naquele turno, pois se variou a velocidade de corte.

Na primeira etapa dos testes os custos por peça praticamente são os mesmos. Considerando-se um lote de 4.000 peças, com a otimização obteve-se uma diminuição de 1,5 horas no tempo para a produção do lote, para a velocidade de 140m/min. Na segunda etapa dos testes obteve-se uma diminuição nos custos e no tempo de produção do lote. Para um lote de 4.000 peças obteve-se uma diminuição de quase 3 horas no tempo, e uma redução de US\$56,00 nos custos para a produção do lote.

A primeira e segunda etapas dos testes foram prejudicadas pela fixação da rotação máxima em 1.600 rpm, que se mostrou um limitante no tempo de atuação das velocidades testadas, prejudicando a diminuição dos tempos de usinagem.

Pelas projeções feitas para a velocidade selecionada, pode-se verificar que é possível obter uma certa economia, quando a condição selecionada é utilizada, pois mesmo consumindo uma quantidade maior de arestas, parando mais vezes para realizar a troca de arestas, se diminui o tempo de utilização da máquina, que neste caso tem uma influência muito grande no custo total. Nos tempos de grande competitividade em que vivemos, qualquer redução de custos passa a ser salutar.

## 7 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio recebido por parte da FAPESP, CNPq e Eaton Ltda.

## 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.Vilella, R. C. “Metodologia prática visando a otimização das condições de usinagem em células de fabricação” Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 1988. 105p. Dissertação (Mestrado).

2.Ribeiro, M. V. “Otimização das condições de Corte Assistida por Computador Durante o Desenvolvimento do Processo”. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 1999 146 p. Tese (Doutorado).

3.Zavanella, L., Maccarini, G. C., Bugini, A. “FMS. Tool supply in a stochastic environment: strategies and related reliabilities”. International Journal of Machine-Tools & Manufacture, v. 30, n. 3, p. 389-402, March 1990.

4.Maccarini, G.C.,Zavanella, L., Bugini, A. “Production Cost and Tool Reliabilities: the Machining Cycle Influence in Flexible Plants”. International Journal of Machine-Tool & manufacture, v31, n.3, p. 415-424, March 1991.

5.Malakooti, B. “An interactive on-line multi-objective optimization approach with application to metal cutting turning operation”. International Journal of Production Research, v. 29, n. 3, p. 575-598, March 1991.

6. Gray, A. E., Seidmann, A., Stecke, K. E. “A Synthesis of Decision Models for Tool Management in Automated Manufacturing”. Management Science, v. 39, n. 5, p. 549-567, May 1993.

7.Nogueira, J.L.; “Seleção e gerenciamento de ferramentas de corte assistida por computador”.Lorena FAENQUIL/DEMAR, 2001 95p Dissertação (Mestrado).

8.Ferraresi, D. “Fundamentos da Usinagem dos Metais”. 1ª ed.; São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977, 751 p.

9.Watanabe, C.T. “Estudo da otimização do torneamento em ambiente de manufatura celular”. Lorena: FAENQUIL/DEMAR, 2003 82p Dissertação (Mestrado).

#### Study of nimonic 80 valve turning optimization

Watanabe, C.T.<sup>1</sup>; Moreira, M.R.V.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Laboratory of Machining Study – DEMAR-FAENQUIL – Lorena/SP  
e-mail: mzenga@ppgem.faenquil.br.

Nogueira, J.L.<sup>2</sup> e Ribeiro, M.V.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Departament of Materials and Technology – UNESP - Guaratinguetá/SP  
e-mail: [mvalerio@feg.unesp.br](mailto:mvalerio@feg.unesp.br).

**Abstract:** *The choice of the tool for one determined operation and the correct determination of the machining conditions, represent an important factor in the metals working, being this determinant for the evolution of tool-machine and cutting tools. Such fact accents in the serial manufacturing, where divergences in the choice of the cutting speed and the tool may cause notables variations in manufacture costs. The metals machining is a complex process, and the complexity involves a variety of operations and materials.. The decisions for tools selection, machining parameters determination and tool exchange times are carry by process planners, programmers and machine operators in different periods of manufacture. This share of responsibility and the lack of interaction with the process have difficult very the taking of decisions of a form optimized in relation to the tool rack and the process in itself. The considered work aims at to promote the optimization of the machining*

*processes in turning in a manufacture cell, of automobile parts factory, using for this optimization methodology of the process based on the maximum production condition, through the determination of the coefficients of the Taylor equation of tool life in shop floor environment. The objective is to provide to real increases of productivity and quality in industries, without the necessity of investments in new means of production, and valuing the use of the information inside it productive system. The adopted methodology showed itself very practical, because the results were obtained without cause the smallest upset to the productive process.*

Keywords: machining, optimization, manufacture cell, nimonic.