

O Custo de uma manutenção em um molde pode, na maioria das vezes, ser equivalente ao custo de todo o material utilizado na confecção da matriz, uma vez que engloba: a parada de faturamento da matriz por apresentar defeito, as horas do pessoal envolvido na retirada do molde da máquina e ainda do pessoal envolvido no trabalho de desmontagem, transporte (quando necessário) conserto, remontagem e recolocação na máquina. Note que este processo raramente é inferior a cinco dias e leve-se em conta que a parte da manufatura (ou mão de obra) é, em 90% dos casos, muito superior ao custo do material utilizado. Por este motivo realizamos este estudo fazendo uma comparação empírica, na aplicação de diversos materiais, com intuito de mostrar a diferença de necessidade de manutenção entre eles. Isto deve ser determinante na escolha do aço a ser utilizado, para reduzir o custo em produção.

Na segunda metade do século XVII Isaac Newton em seu livro Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, além de descrever a Lei da Gravitação Universal ele enunciou as leis que regem os movimentos que passaram a ser conhecidas como Leis de Newton

. São três as leis que Newton descreveu:

- Primeira Lei de Newton, também chamada de Princípio da Inércia;
- Segunda Lei de Newton, também chamada de Princípio Fundamental da Dinâmica;
- Terceira Lei de Newton, também chamada de Princípio da Ação e Reação.

Estas leis são válidas em qualquer parte do universo, pois são leis naturais às quais, todos os objetos pertencentes ao universo estão sujeitos.

A sua terceira lei, pode ser enunciada da seguinte maneira:

Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e de sentido contrário.

Baseado nesta lei, e com 40 anos de observação, desenvolvemos a tabela a seguir, levando em conta os seguintes parâmetros, indispensáveis para a

sua utilização e compreensão:

1ª As referências de dureza(e resistência mecânica) foram medidas à partir de médias de 3 leituras encontradas, sempre se utilizando um mínimo de 5 corpos de prova(vários fornecedores diferentes em caso de materiais comuns) . E foram calculadas à partir da leitura de durezas Brinell efetuadas com aparelho com carga de 3000 kg e esfera de tungstênio de 10mm, para evitar desvios maiores, na faixa até 400 HB. Acima disto foi utilizado durômetro tipo Rokwell "C". Os dados dos moldes foram sempre fornecidos pelos clientes, como referência, portanto contemplam um desvio, que consideramos razoavelmente constante.

2ªPartiu-se do princípio de que, cada molde tem sua peculiaridade, pois sua vida vai depender de muitos fatores como: cuidado com a operação do equipamento, cuidado com a proteção superficial em paradas, acidentes de trabalho, tipo do acabamento, tipo de plástico injetado, presença de carga (aditivos como talco, fibra de vidro, sílica etc...) espessura da parede da peça plástica (aumentando a pressão de fechamento na sua razão inversa) e outros que teriam menor importância.

O Objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de "um mesmo molde" trabalhando em "idênticas condições" com mesmo projeto de construção, variando-se apenas o material e usando como referência a sua resistência mecânica, pois esta resistência também está sujeita à 3ª lei de Newton. Se ela é superada , o material não resiste, sofrendo o dano. Lembramos aqui que a resistência mencionada é fornecida em uma área de 1 mm². Para se calcular a diferença em serviço devemos multiplicar pela área total do fechamento do molde, que normalmente é de alguns milhares de mm², o que provoca enorme incremento no cálculo total, mesmo com variações à partir de 5kg, pois ela ocorre em cada mm².

Este estudo levou em conta, durante cerca de 40 anos, ao serem observados acima de 10.000 moldes nas mais diferentes situações e que resultaram em variadas necessidades de manutenções. Entretanto, a

conclusão é de que, considerando-se os desvios de caso a caso, os intervalos de manutenção guardam entre si uma relação que está intimamente ligada à resistência mecânica do aço e, quando ela cresce a queda na necessidade de manutenção não é linear, mas uma curva onde, a partir de certo ponto (próximo dos 45 HRC) ela cai vertiginosamente, reduzindo drasticamente a necessidade de paradas para reparo.

Houve casos de moldes construídos em aço 1045 que chegaram a injetar mais de 500.000 ciclos e continuam funcionando, porém são casos específicos com uma série de peculiaridades que nos fez considerá-los "ponto fora da curva" e não uma regra. Dentre suas peculiaridades está o fato de ter sido "superdimensionado" o que faz com que a economia na escolha do material se perca tanto em processo, como em gasto na aquisição da matéria prima do molde; outra peculiaridade é a falta de necessidade de acabamento fino e possibilidade da peça apresentar linhas de fechamento bem visíveis e pronunciadas, bem como ainda, um certo nível de rebarbas.

Como cada caso é um caso, fizemos simulações, à partir dos dados obtidos, levando-se em conta a durabilidade do material(entre manutenções) partindo-se do princípio que o molde fosse confeccionado em aço 1045 comum e comparando com outros materiais. Tomamos por base que a primeira manutenção neste aço poderia, dependendo do caso, variar entre 10.000 e 100.000 peças(normalmente estas ultimas, como já dissemos, são peças que não requeiram linhas de fechamentos tão precisas, possuam polimento de baixo nível e aceitem até um nível de rebarbas). A partir desta relação, estabelecemos parâmetros para a utilização de vários materiais no mesmo projeto. Para exemplificar: Um molde feito com aço 1045 comum que tenha sua primeira manutenção aos 32.500 ciclos teria a sua manutenção nos outros materiais, na seguinte relação aproximada:

1045 Comum	1045 Ecofast®	Protomolde 1050®	Ecoplast®	2311	2311 St	2738 HPM 32®	SP300®	2738 HPM 35®	2738 HPM40®	2711	SP400®	2738 HPM 45®	ESK 2344® Temp Dureza (50/52HRC)
32.500	45.000	60.000	90.000	175.000	250.000	300.000	300.000	475.000	Acima de 750.000	Acima de 750.000	Acima de 750.000	Acima de 1.250.000	Acima de 3.000.000

Para valores de resistência acima de 40HRC (375HB) utilizamos os números onde ocorreram as manutenções mais cedo, pois a partir deste ponto correspondente de resistência, é normal elas se apresentarem muito menos necessárias, havendo vezes em que se quer acontecerão durante a vida do molde. Note que estes materiais também apresentam comportamento diferenciado ao necessitarem de um número menor de manutenções em 99% dos casos, salvo em raríssimas exceções que não consideramos. É óbvio que estes números são estimativos, mas como são baseados em uma lei da natureza (ou seja, a força com que o material pode resistir às mais diversas solicitações diárias até se danificar) esta relação guarda sempre uma coerência. Ao se fugir dela, estamos invariavelmente aumentando os custos em relação ao trabalho pretendido. Portanto, trata-se de uma arma de grande importância quando mensuramos a vida que queremos do molde, em função do quanto pretendemos investir, para um determinado retorno. Há, portanto, um aumento da probabilidade de se fazer um projeto onde a relação custo X benefício se aproxima do ponto ótimo. Isto é fundamental em tempos de globalização onde preços "Chineses" invadem o mercado e nos vemos em situações onde temos que diminuir nossos requisitos sempre ao MÍNIMO necessário, sem perder desempenho. Nosso quadro é composto por 4 engenheiros habilitados a responder qualquer dúvida na aplicação dos conceitos da "Tabela de Número de injeções até a 1ª manutenção prevista". Consulte cada caso antes de realizar seu projeto e tenha o máximo de rentabilidade.

INJEÇÕES - (PREVISÃO DE CICLOS ATÉ A 1ª MANUTENÇÃO)

Aço	Resistência Kg/mm² Faixa	Resistência Kg/mm² Média	Variação de Resistência X 1045	Dureza Brinell	Injeções - (ciclos)												Relação Aço X 1045 comum (nº inj. a mais)	Relação 2738 HPM32 X 1045 (manut. a mais)	Aços Equivalentes
1045	61/67	64	0%	169/187	10.000	25.000	32.500	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	90.000	100.000	118.200	0,00	7,46	SAE 1045	
1045 Ecofast®	71/78	74,5	16%	197/207	13.800	34.600	45.000	55.400	69.200	83.100	96.900	110.800	124.600	138.500	163.600	0,38	5,11	SAE 1045	
Protomolde 1050®	75/82	78,5	23%	207/229	18.500	46.600	60.000	73.800	92.300	110.800	129.200	147.700	166.600	184.600	218.200	0.85	3,58	SAE 1050	
2311	91/100	95,5	49%	269/293	53.900	134.600	175.000	215.400	269.200	323.100	376.900	430.800	484.600	538.500	636.400	4,38	0,57	WNr 1.2311	
2311 st	97/106	101,5	59%	285/302	76.900	192.300	250.000	307.700	384.600	461.500	538.500	615.400	692.300	769.200	909.100	6,69	0,10	WNr 1.2311	
Ecoplast® (P20)(ST1)	97/112	106	65%	280/311	92.308	211.538	300.000	338.462	423.077	507.692	592.308	676.923	761.538	846.154	1.000.000	8,23	2,06	AISI P20	
2738HPM 32®	101/110	105,5	65%	293/311	92.300	211.500	300.000	338.500	423.100	507.700	592.300	676.900	761.500	846.200	1.000.000	8,23	0,00	WNr 1.2738	
HPM32® SUPER	101/110	105,5	65%	293/311	92.300	211.500	300.000	338.500	423.100	507.700	592.300	676.900	761.500	846.200	1.000.000	8,23	0,00	(AISI P20)	
PMo REVOLUTION® (P20M) ST(1)	100/112	106	65%	280/311	92.308	211.538	300.000	338.462	423.077	507.692	592.308	676.923	761.538	846.154	1.000.000	8,23	0,00		
2738HPM 35	110/120	115	80%	311/340	365.400 ***	365.400	475.000	584.600	730.800	876.900	1.000.000	1.200.000	1.300.000	1.500.000	1.700.000	13,62	-	WNr 1.2738 (HH)	
PMo REVOLUTION® (P20M) ST(2)	119/132	125,5	93%	311/375	750.000 ***	750.000 ***	750.000 ***	923.076 **	1.153.846 **	1.384.615 **	1.615.384 **	1.846.153 **	2.076.923 **	2.307.692 **	2.727.272 **	22,08	-		
2738HPM 40®	123/132	127,5	99%	363/388	750.000 ***	750.000 ***	750.000 **	923.000 **	1.200.000 **	1.400.000 **	1.600.000 **	1.850.000 **	2.100.000 **	2.300.000 **	2.700.000 **	22,08	-	WNr 1.2738 (HH)	
2711	123/132	127,5	99%	363/388	750.000 ***	750.000 ***	750.000 **	923.000 **	1.200.000 **	1.400.000 **	1.600.000 **	1.850.000 **	2.100.000 **	2.300.000 **	2.700.000 **	22,08	-	WNr 1.2711	
HPM40® SUPER	123/132	127,5	99%	363/388	750.000 ***	750.000 ***	750.000 **	923.000 **	1.200.000 **	1.400.000 **	1.600.000 **	1.850.000 **	2.100.000 **	2.300.000 **	2.700.000 **	22,08	-	(AISI P20HH)	
2738HPM 45®	136/146*	141	120%	401/429	1.250.000 ***	1.250.000 ***	1.250.000 **	1.500.000 **	1.900.000 **	2.300.000 **	2.700.000 **	3.100.000 **	3.500.000 **	3.850.000 **	4.500.000 **	37,46	-	WNr 1.2738 (HH)	
HW2344C® (H13M)	149/158*	153,5	139%	495/514	3.000.000 ***	3.000.000 ***	3.000.000 **	3.700.000 **	4.600.000 **	5.500.000 **	6.500.000 **	7.400.000 **	8.300.000 **	9.200.000 **	10.900.000 **	91,31	-	AISI H13	

* Valores de Referência;
** As manutenções só ocorreram acima deste número;
*** As manutenções só ocorreram acima deste número; esses valores, em virtude do nível de dureza, não seguem a proporcionalidade dos demais (não linear).

