



metelli



MANUAL TÉCNICO



BOMBAS AGUA

metelligroup

A Bomba de Água para Automóveis

1) Funcionamento

2) Secção típica de uma bomba de água

3) Importância dos rendimentos

4) Líquido refrigerante

5) Fiabilidade dos componentes

5.1) Rolamentos

5.2) Empanque mecânico

5.3) Turbina

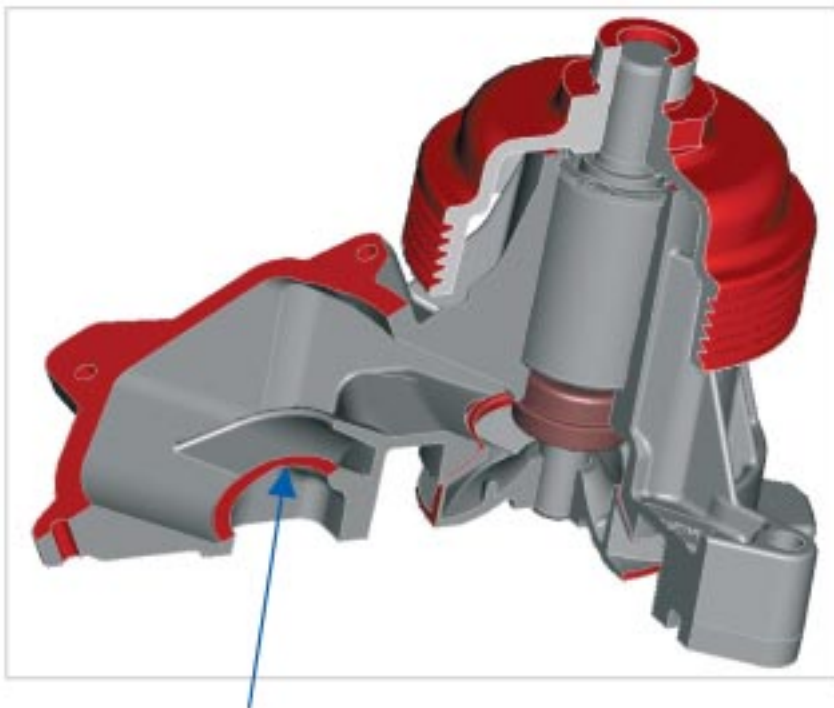
5.4) Polia

6) Instruções para a montagem da bomba

7) Casos frequentes de danificação da bomba

metelligroup

No automóvel, a bomba de água tem a função fundamental de assegurar o fluxo apropriado do líquido refrigerante para o arrefecimento do motor. Para remover do motor o calor gerado pela combustão, o líquido deve ser posto a circular com um caudal apropriado, e para vencer as resistências de todo o circuito deve ter a pressão justa.



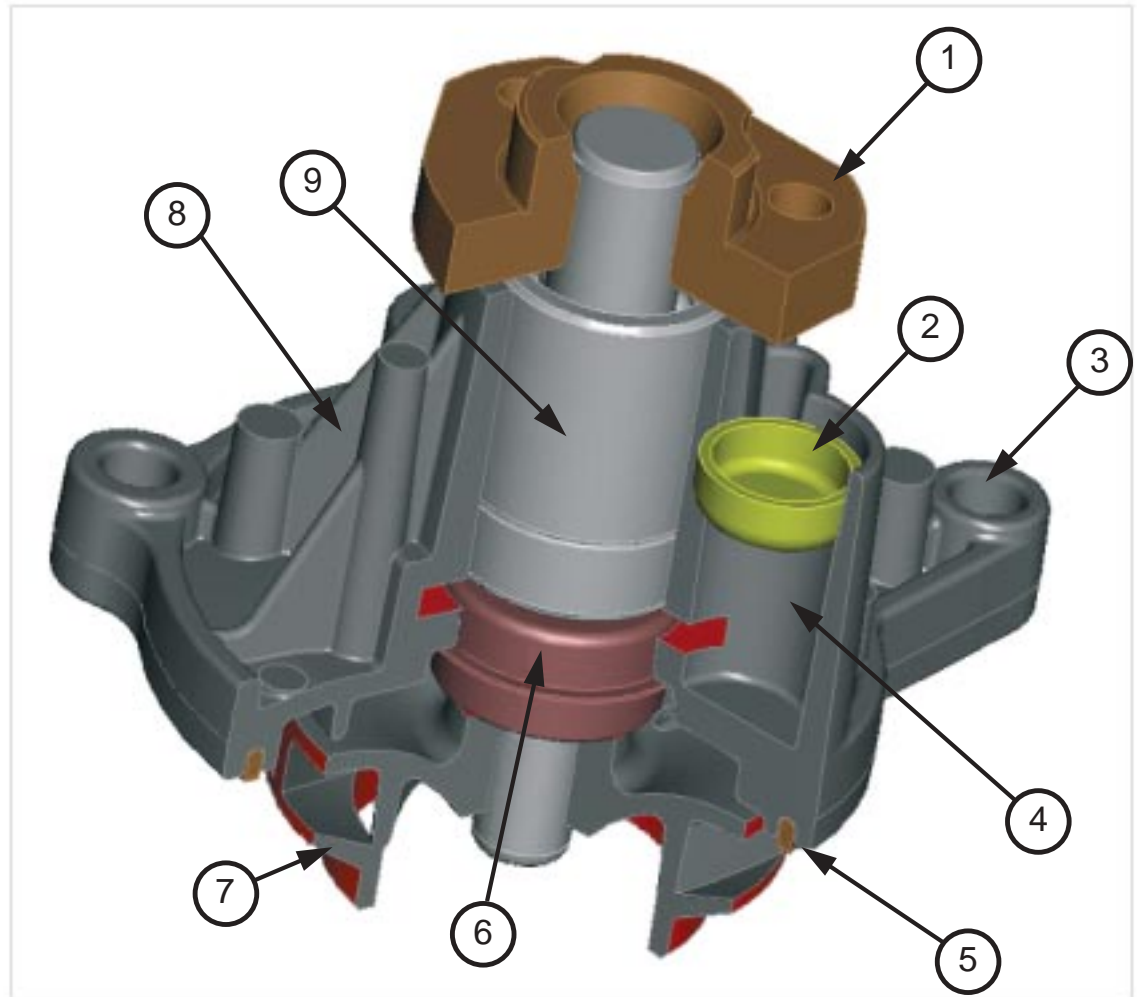
Sede do termostato construído integralmente com a bomba de água

Dado que a bomba funciona sempre, o facto de o líquido refrigerante efectivamente circular por todo o motor e pelo radiador é, por conseguinte, controlado por um outro elemento: o termostato (em alguns casos, em fase de construção, a sua sede está integrada no corpo da bomba). Este não é capaz de parar a bomba, mas pode fazer de modo que do motor não seja extraído calor quando não é necessário (por exemplo, quando está ainda frio).

Compativelmente com a resistência dos materiais, sabese que o rendimento do motor é melhor quanto mais alta for a sua temperatura de funcionamento; por isso alguns automóveis estão equipados com circuitos pressurizados, de modo a poder fazer circular o líquido refrigerante a temperaturas bem superiores aos 100°C, evitando porém a ebulição do mesmo e os perigosos fenómenos de cavitação no rotor. Marginalmente, o facto de a bomba estar de facto ligada ao número de rotações do motor tem evidentes desvantagens: em primeiro lugar, o rotor não pode ser optimizado por um regime específico, como normalmente acontece nas grandes bombas hidráulicas; em segundo lugar, a quantidade de refrigerante posta a circular não é sempre modulada em função das reais necessidades do motor nas várias situações; em terceiro lugar, a bomba não pode ser parada quando não é necessária. Eis porque é que os fabricantes de automóveis e os construtores de bombas de água estão a estudar uma bomba que seja accionada por um motor eléctrico. Uma solução alternativa é constituída pela bomba mecânica que pode ser desligada da correia de transmissão mediante uma fricção electromagnética.

2)

Secção típica de uma bomba de água com rolamento integral, empanque mecânico integral e turbina de caixas fechadas



- 1) Cubo ou flange, sobre o qual se monta a polia que faz mover a bomba
- 2) Tampa do reservatório das perdas do empanque mecânico, com o respectivo furo de saída
- 3) Sede de um dos parafusos de fixação ao motor
- 4) Reservatório para eventuais perdas do empanque mecânico
- 5) Oil ring de vedação no plano de junção da bomba
- 6) Empanque mecânico
- 7) Turbina (neste caso, do tipo de caixas fechadas)
- 8) Corpo da bomba
- 9) Rolamento integral

3) A importância dos rendimentos

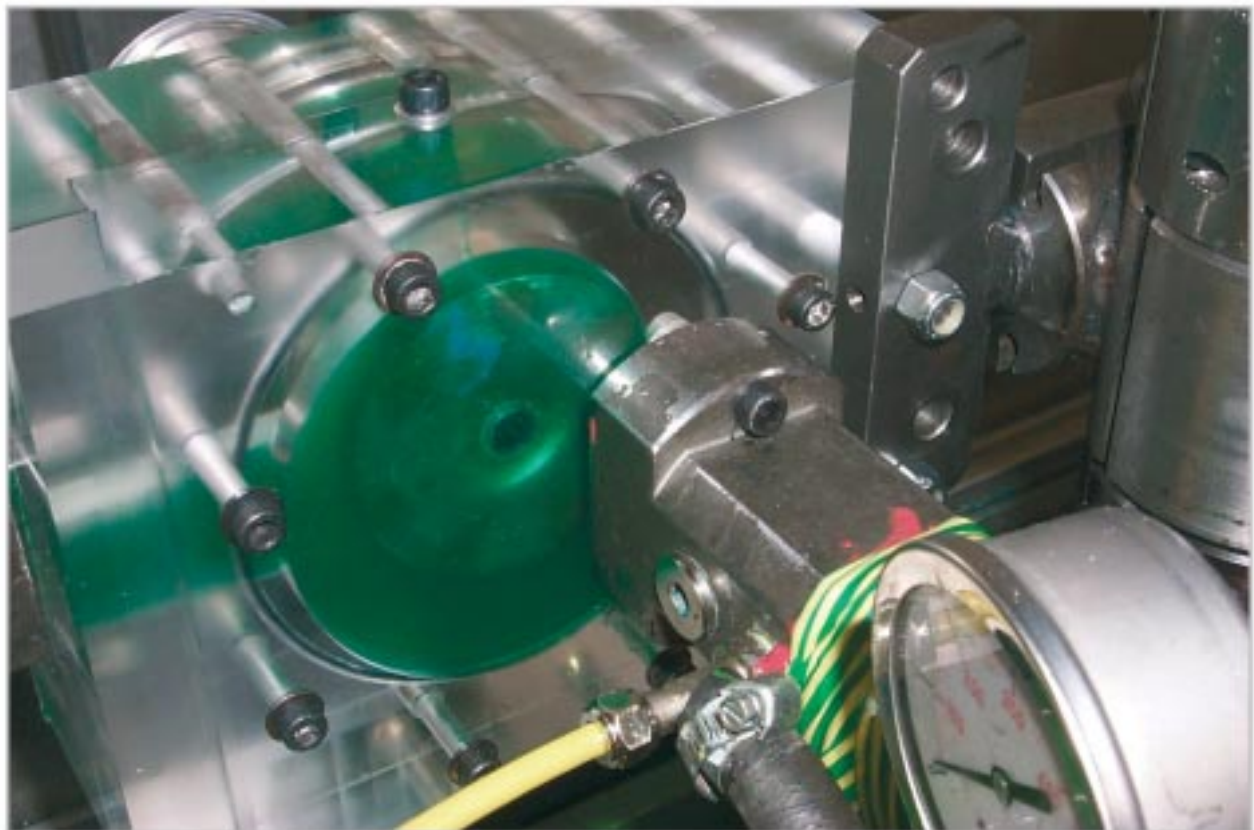
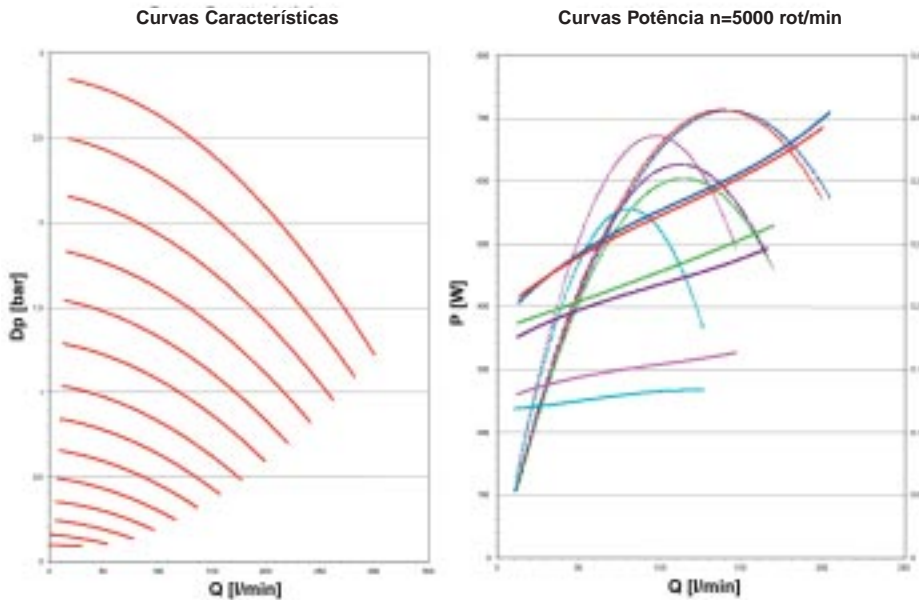
Cada bomba é caracterizada pelos seus rendimentos em termos de caudal e pressão nos vários regimes de rotação, bem como da potência mecânica absorvida e da potência hidráulica restituída.

Como explicado no primeiro parágrafo, estas bombas deveriam ser teoricamente optimizadas por todos os números de rotações do seu funcionamento: necessariamente a geometria resultante das turbinas será

um bom compromisso que garanta, de qualquer modo, rendimentos adequados em todo o campo em que a bomba vier a trabalhar.

Garantidos os rendimentos mínimos e máximos necessários ao arrefecimento do motor nos vários regimes, há outras condições que devem ser verificadas. Em primeiro lugar, que aos mínimos regimes de rotação se dê o arranque da

bomba, sem o qual acontece a rotação a seco do empanque mecânico e a sua destruição; em segundo lugar, que se evitem problemas de cavitação que causam uma erosão muito precoce da turbina.





Erosão sobre equipamento de ensaio

que são isentas de fenómenos de cavitação, na condição de o circuito estar correctamente limpo em fase de instalação da bomba.

Para evitar estes problemas potencialmente destrutivos, é fundamental um cuidadoso projecto da geometria da turbina; tal projecto é testado muito antes da produção.

Segundo um procedimento verificado há muitos anos, partindo da modelação tridimensional, realizase directamente o protótipo através das mais modernas técnicas do “rapid prototyping” e, mediante o uso de um banco de provas específico, realizamse curvas características, curvas de confronto e provas de cavitação para validar a geometria da bomba antes de iniciar a sua industrialização.

Para além de reduzir o “time-to-market” (não é por acaso que a nossa gama é a mais vasta hoje disponível), podemos portanto garantir que as nossas bombas oferecem rendimentos extremamente próximos e em muitos casos superiores às originais, e

4) Líquido refrigerante

Os líquidos refrigerantes são, em geral, constituídos por glicol de etileno mais água em percentagens variadas. A mistura com glicol na percentagem de cerca de 50% tem o ponto de congelamento a cerca de -35°C e o de ebulição a cerca de 110°C .

Os líquidos recomendados pelas casas construtoras não são “só” um anticongelante. Estes são variados, em primeiro lugar pelas diferentes necessidades de compatibilidades químico-física com os vários materiais do circuito de arrefecimento, que incluem os mais diversos metais, polímeros, borrachas, cerâmicas. Enquanto um líquido apropriado protege eficazmente o circuito, um errado pode até favorecer um rápido processo de degradação. Nem todos os líquidos refrigerantes que se encontram no mercado são adaptados à grande variedade dos materiais de um circuito de arrefecimento, em parti-



cular aqueles que não são “de marca”. A utilização, então, de água “pura”, como também dos chamados “lavamotor” ou, pior ainda, dos “tapa fugas”, pode levar indiscutivelmente ao estado de corrosão completa algumas partes metálicas da bomba.

Nos motores velhos podem existir depósitos calcários e/ou ferrugem. O líquido refrigerante é capaz de dissolver ou remover parte desses depósitos, mas as partículas em solução ou em suspensão estarão assim em condições de estragar as superfícies de estancamento do empanque, que terá perdas. Eis porque se recomenda limpar com atenção o circuito de arrefecimento, substituindo o líquido velho e outros componentes do circuito eventualmente

enferrujados ou danificados.

5)

Fiabilidade dos componentes

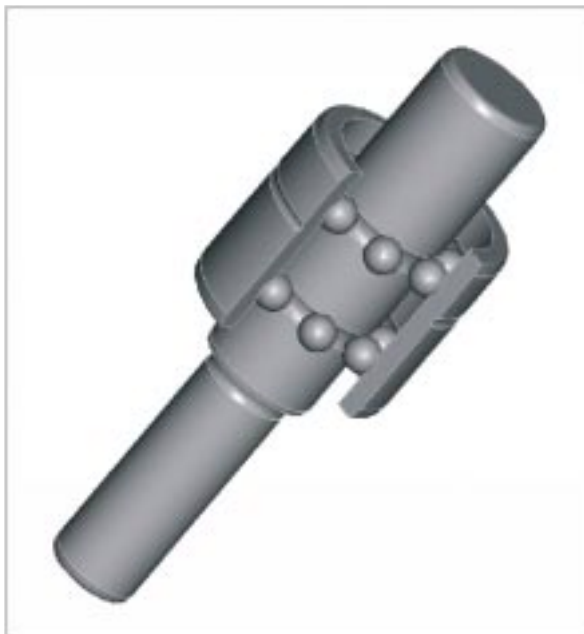
Temos de reconhecer, antes de mais, que a bomba de água é um elemento inevitavelmente sujeito a um normal desgaste, pelo menos no que diz respeito ao empanque mecânico, enquanto a duração de outros componentes, como rolamentos ou turbinas, podem ficar comprometidos por terem sido mal projectados ou por causas externas que iremos analisar.

A nossa tradição de projecto, para as peças de substituição das bombas da água, privilegiou sempre a fiabilidade e a duração dos componentes chegando, em vários casos, a melhorar as do componente original.

5.1)

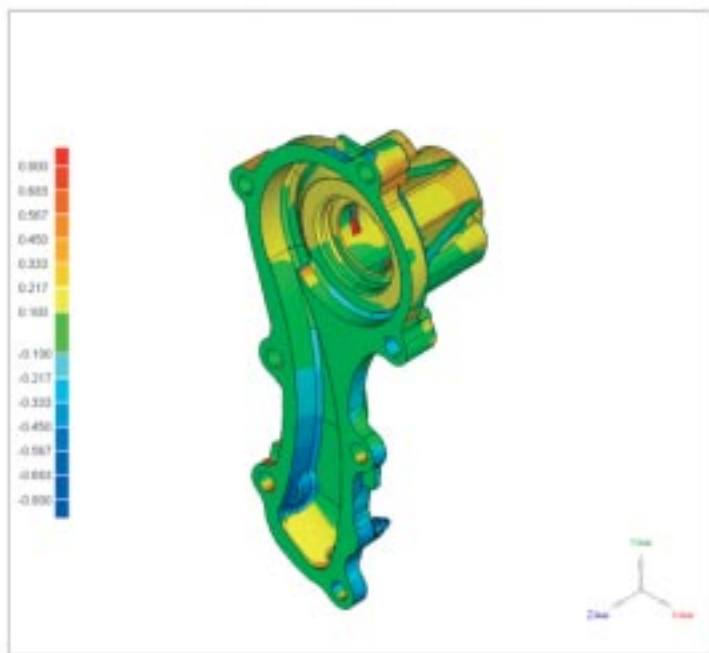
Rolamentos

Grande parte das bombas de água para automóveis utiliza hoje rolamentos do tipo “integral”, porque este único componente é, na realidade, o conjunto do veio da bomba mais dois rolamentos. Este tipo de rolamento tem a vantagem de poder ser montado de modo mais rápido e seguro, limitando o número de componentes da bomba. Simplificando, estas são essencialmente de dois tipos, esfera/esfera ou então rolo/esfera, consoante o tipo de elementos rolantes à altura da coroa mais próxima da polia, onde actua a tensão da correia. A capacidade de

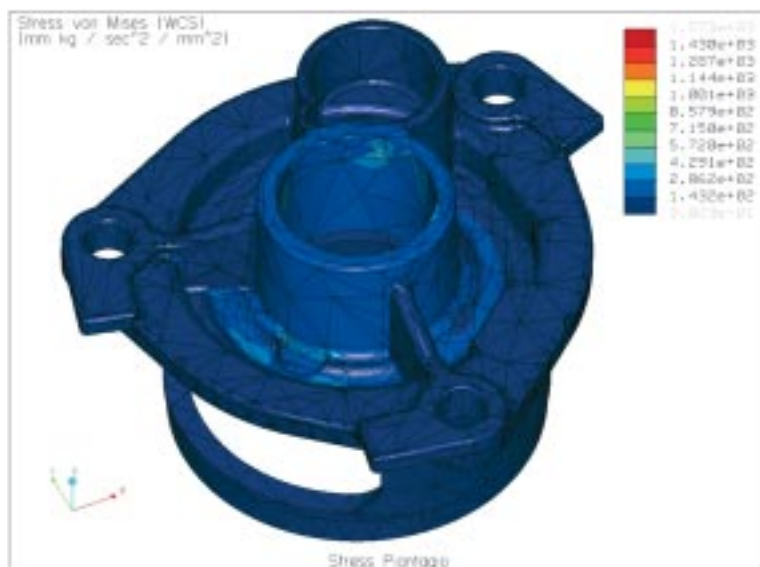


suportar carga de um rolamento com a primeira coroa de rolos é superior à de uma do tipo esfera/esfera: portanto, a escolha da tipologia do rolamento apropriado à tensão da correia é fundamental no projecto da bomba. São muitos os casos em que as nossas bombas foram projectadas melhorando neste sentido um eventual problema de projecto do componente original, e fortalecendo a bomba no seu conjunto. A precisão das tolerâncias de trabalho da sede do rolamento no corpo da bomba garante pois que a folga radial, necessária ao correcto rolamento das esferas e rolos, se mantenha apropriada. Todas os rolamentos montados nas nossas bombas

superaram um rigoroso teste de duração, durante o qual foram artificialmente submetidas a condições de funcionamento particularmente gravosas; o teste é estruturado para levar artificialmente até ao fim a vida teórica calculada do rolamento: o controlo da integridade da mesma no fim deste teste determina a sua idoneidade para



ser utilizada. Todavia, não são raros os casos em que o rolamento é levado à ruptura mais precocemente do que o calculado. O caso mais frequente é uma tensão excessiva da correia, que pode alterar até em muito os valores de projecto das solicitações radiais, levando o rolamento à ruptura muito antes do termo da vida teórica; a regulação da tensão da correia e, em particular, o posicionamento dos tensores de correia, devem ser conduzidos de modo cuidadoso, seguindo escrupulosamente as indicações dos construtores do automóvel. Em alguns casos, especialmente quando a árvore da bomba move outros componentes (juntas viscoso-estáticas, ventiladores), o não alinhamento destes últimos leva ao desgaste precoce dos rolamentos. Há também casos de uso impróprio da bomba, quando se juntam na árvore outras polias para mover elementos auxiliares para os quais a bomba não foi projectada. É o componente que garante o estanqueamento hidráulico da bomba: é constituído por uma parte fixada ao corpo e por uma outra assente no veio

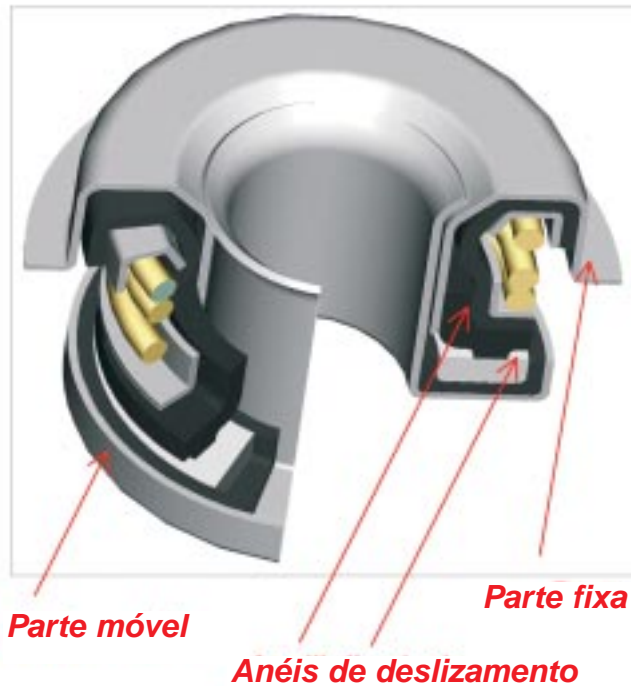


do rolamento; os anéis de deslizamento em rotação relativa impedem o líquido de sair. A sua fiabilidade e duração são portanto ligadas principalmente à escolha dos materiais dos dois anéis de deslizamento. Um mau estado do líquido refrigerante compromete gravemente o componente: os materiais mais duros introduzidos recentemente reduzem em muito o problema, ainda que de momento não seja previsível resolvê-lo completamente, dada a variedade e a péssima qualidade de alguns líquidos não originais no mercado, e dado que ainda hoje muitos mecânicos infelizmente não substituem o líquido refrigerante de acordo com as modalidades recomendadas. A investigação sobre os materiais dos empanques mecânicos está em contínua evolução. O nosso pessoal está permanentemente empenhado em testar as novas tendências nos nossos aparelhos de ensaio, para apurar o melhor empanque mecânico a montar nas bombas.

5.2)

Empanque mecânico

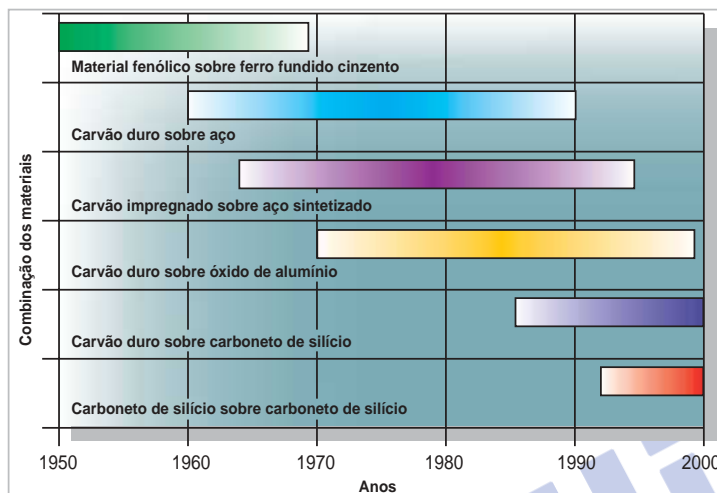
Todos os empanques mecânicos montados nas nossas bombas superaram o teste de funcionamento ininterrupto por 500 horas (que correspondem a percorrer mais de 40.000 km em condições normais de utilização), com a repetição de ciclos de 9 horas entre -25°C e $+130^{\circ}\text{C}$ de temperatura do líquido refrigerante, a vários e significativos números de rotações. Em relação aos outros materiais constituintes dos



nossos empanques mecânicos, os elementos em borracha são capazes de resistir às altas temperaturas (HNBR), isto é, constantemente sobre os 110°C , e os elementos metálicos são em aço inoxidável (o que não seria necessário, se se utilizassem sempre os líquidos refrigerantes recomendados!).

O funcionamento do empanque mecânico dá-se por equilíbrio do fluido evaporante a um certo regime de temperatura, determinado pela fricção das duas superfícies de deslizamento. Fora deste equilíbrio dão-se, pois, pequenas perdas inevitáveis, recolhidas geralmente num poço de evaporação apropriado, que tem o objectivo de não alarmar inutilmente o automobilista. Um mau líquido refrigerante danifica o empanque mecânico: normalmente, se este não é substituído, substâncias calcárias ou sujidade riscam as superfícies de deslizamento, comprometendo o estancamento; em casos extremos, infelizmente, manifesta-se até uma agressão química a várias superfícies do empanque mecânico (e dos outros componentes da bomba).

Manifesta-se frequentemente um outro defeito: a danificação das superfícies de deslizamento por excesso de temperatura; várias partes do empanque mecânico



assumem, neste caso, a típica coloração azulada. Esta situação acontece normalmente com a rotação a seco da bomba. Por sua vez, isto acontece se o circuito não é correctamente limpo, deixando que bolhas de ar estagnem até perto da bomba, que não consegue assim arrancar. Em todos os casos citados dá-se uma perda prematura do estancamento, que se evidencia com vestígios de líquido refrigerante no corpo.

Um fenómeno que se manifestou recentemente de modo persistente é o “ruído” do empanque mecânico, especialmente a baixos regimes de rotação. Este aborrecido inconveniente, ligado à introdução de materiais mais duros como o chamado “hard-carbon” (materiais que aliás reduziram fortemente a inci-



dência das perdas), manifesta se só em particulares condições de funcionamento da bomba. O aparecimento do fenómeno, dito “stick-slip”, sentido como uma espécie de assobio ou chio, dá se por intermitência de colagem e descolagem das superfícies de estancamento, especialmente em condições de rotação quase a seco com baixo número de rotações. Portanto, também este fenómeno está ligado a condições insatisfatórias de limpeza do circuito, ainda pior se a configuração original do rotor dificulta a evacuação do ar em redor do empanque mecânico. Em alguns casos a bomba não está posicionada no motor no lugar mais adequado (aquele mais baixo do circuito): isto impede o arranque da bomba, aumentando assim a probabilidade de rotação a seco.

De qualquer modo, os fabricantes dos empanques mecânicos já há tempos que orientaram a investigação sobre os materiais no sentido da resolução do problema do ruído.

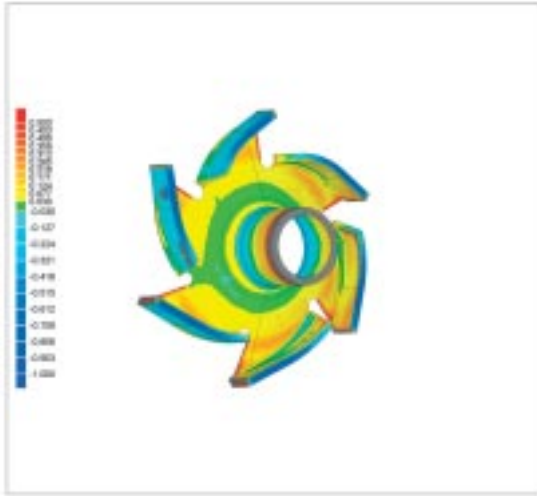
5.3) Turbinas

As turbinas têm, em geral, as configurações mais variadas, mas para os números de rotações característicos das nossas aplicações eles são geralmente do tipo “a caixas fechadas” (semelhantes aos das figuras nas primeiras páginas) ou então do tipo “aberto” (semelhante ao representado na figura abaixo). O número óptimo de pás (geralmente compreendido entre um mínimo de 4-5 e um máximo de 10-12), mas também a conformação da turbina, dependem do chamado número de rotações característico, um parâmetro adimensional que identifica a melhor geometria de máxima; o diâmetro da turbina e o ângulo de saída das pás são pois os parâmetros que determinam mais directamente as características hidráulicas da turbina.

A utilização para as turbinas de materiais como o latão, o ferro fundido ou a chapa, longe de ter sido superada, revela se uma escolha informada, que visa fornecer componentes de duração praticamente eterna

nas normais condições de utilização. Quando a geometria da turbina original obriga porém ao uso do plástico, recorre se exclusivamente a tecno-polímeros de primeiríssima qualidade, com as características mecânicas e químico-físicas apropriadas para este delicado uso.

A experiência de trinta anos, as moderníssimas máquinas de montagem, a laboração nas turbinas, permitem de qualquer modo uma montagem cuidada sobre a base (uma boa base melhora as prestações e



o rendimento da bomba até de +5%) e um perfeito alinhamento da rotação.

Um problema insuspeitavelmente frequente é a presença de um corpo estranho que pode chegar a cortar todas as pás da turbina. Para evitar o problema é preciso drenar o circuito de arrefecimento e substituir completamente o líquido refrigerante, inspeccionando bem o alojamento da bomba. Nas turbinas de plástico originais, em raros casos, pode dar se o completo descolamento do polímero do casquilho de encaixe na árvore. O adequado projecto da turbina de plástico e o severo controlo dos parâmetros de fusão limita o problema.

5.4) Polia

Na polia, embora seja um componente muito solicitado mecanicamente, um bom projecto, o cuidado na realização (por exemplo as laborações que asseguram o seu alinhamento) e a justa escolha dos materiais, fazem com que normalmente não se evidenciem problemas. As polias dentadas, muitas vezes fabricadas em aço sinterizado, são normalmente um componente importante, dado que fazem parte dos elementos da distribuição. Todavia, um erro de montagem (tensão excessiva) danificará mais facilmente o rolamento da polia. Pelo contrário, o não alinhamento da correia danifica eventuais anéis de guia soldados: esta nunca deve trabalhar contra eles, sob pena de estes se descolarem.



Nesses casos, o alinhamento e o posicionamento da correia devem ser feitos partindo da polia da árvore motor e da da distribuição. Nos casos em que a polia da bomba faz de guia à correia, o anel de apoio é parte integrante da polia em vez de ser soldado.

- 1) Montar sempre a bomba seguindo as prescrições do construtor.
- 2) Esvaziar completamente o circuito de arrefecimento, lavar e passar por água antes de substituir o líquido refrigerante pelo novo. Atenção! A presença de partículas de sujidade danifica o empanque mecânico, causando o seu precoce desgaste por abrasão.
- 3) Depois de ter desmontado a bomba velha, remover completamente os resíduos do vedante e do isolante da superfície do bloco motor, tendo o cuidado de não a danificar.
- 4) Só nos casos em que a bomba está desprovida de vedante, aplicar um bom isolante entre a bomba e o bloco motor.
- 5) Aparafusar os parafusos de fixação sem os apertar. Verificar que a bomba esteja centrada e que rode livremente. Apertar então os parafusos uniformemente e de modo cruzado.
- 6) Esperar que o isolante pegue.
- 7) Substituir todas as braçadeiras de fixação que possam influenciar a hermeticidade do circuito.
- 8) Encher completamente o circuito com o novo líquido refrigerante até ao nível máximo do tanque de enchimento. Atenção! Garante se a compatibilidade químico-física dos componentes utilizados na bomba somente com os líquidos refrigerantes recomendados pelas casas construtoras.
- 9) Posicionar a correia de arrastamento e esticá-la segundo as prescrições do manual do construtor. Atenção! Uma tensão da correia superior àquela do projecto reduz a duração do rolamento, conduzindo a bomba a uma ruptura precoce.
- 10) Deixar o circuito de arrefecimento aberto no ponto mais alto, de modo a permitir a saída do ar. Pôr a funcionar o aquecimento, posicionando oportunamente o manípulo do comando. Ligar o motor para a prova de funcionamento, seguindo as instruções das casas construtoras. É possível que se verifique, nesta fase, uma pequena perda de assentamento pelo furo de drenagem: esta é normal e em breve desaparecerá. Atenção! A presença de ar no circuito, assim como o funcionamento a seco, comprometem precocemente o empanque mecânico: limpar bem o circuito e evitar absolutamente o funcionamento da bomba sem o líquido refrigerante.
- 11) Depois de ter limpo bem o circuito, desligar o motor e esperar que arrefeça. Atestar então o circuito e fechá-lo.
- 12) Verificar que a bomba escolhida possa ser trocada por aquela que foi substituída.
- 13) Limitar a utilização da bomba apenas à função prevista no motor original, evitando usos impróprios.
- 14) Paralelamente à substituição da bomba e do líquido refrigerante, para garantir o correcto funcionamento da própria bomba, é necessário verificar o correcto funcionamento dos componentes abaixo mencionados; no caso de se verificarem problemas de correcto funcionamento de alguns deles, é necessária a substituição de:
 - rolos esticadores ou de compensação
 - correia de arrastamento
 - outros elementos em rotação no eixo da bomba, como ventiladores, juntas viscoso-estáticas, etc. (de facto, o seu desgaste provoca um mau alinhamento que danifica precocemente o rolamento da bomba).
 - termóstato/termo-contacto.

Como foi explicado, a bomba de água é um componente sujeito a desgaste, e também por isso são muitos os casos em que, levada até à ruptura, lhe é imputada a ruptura de outros componentes do motor com danos até consideráveis. Quase sempre, porém, confunde-se a causa com o efeito: são muitas as causas externas que levam à avaria da bomba, e estas têm que ser consideradas para se realizar a correcta montagem da própria bomba e a correcta regulação do sistema no qual ela deverá operar. Assim, para além de ler atentamente as instruções de montagem, pode ser útil a descrição de alguns casos típicos de avaria da bomba por causas externas.

7.1)

Tensão excessiva ou desgaste da correia

A correia rompeu-se e são visíveis restos de borracha na polia. As causas são: tensão excessiva ou a não substituição da correia desgastada, que é sempre boa norma substituir ao mesmo tempo que a bomba.



7.2)

Mau alinhamento da correia



A descolagem do anel de apoio da polia é uma consequência, não uma causa, do desalinhamento da correia da distribuição. De facto, o lado que mantém a correia na correcta posição tem o apoio integrado na polia. É necessário verificar o correcto alinhamento de todos os elementos em rotação na correia da distribuição. Além disso, devido aos diferentes desgastes, é necessário substituir juntamente com a bomba todos os rolos esticadores e de compensação,

senão o elemento mais desgastado cederá precocemente devido à tensão da correia nova, e aquele que está desalinhado fá-la a cair.

7.3)

Desalinhamento de outros elementos giratórios acoplados na árvore



A figura mostra a ruptura da chumaceira devido ao desalinhamento dos grupos ventiladores montados nas bombas.



Caso de uma junta visco-estática rota que causou a ruptura do rolamento.

É sempre necessário controlar, alinhar ou eventualmente substituir os componentes, como juntas visco-estáticas e ventiladores acoplados na árvore, sob pena de avaria precoce da bomba.

7.4)

Perda normal de líquido do empanque mecânico



Uma perda de assentamento do empanque mecânico, que normalmente termina depois de 1-3 horas de funcionamento, é normal e inevitável.

Para não mostrarem ao utilizador esta perda, as bombas mais recentes têm um reservatório de acumulação apropriado que permite que a perda se evapore sem se tornar “visível”.

7.5)

Perda considerável de líquido do empanque mecânico

Pelo contrário, uma perda abundante e contínua pelo furo de descarga deve ser averiguada. A causa mais frequente é a utilização de um líquido refrigerante não idóneo ou contaminado por impurezas que riscam os planos de deslizamento do empanque.

A contaminação nos motores mais velhos é devida também à má estanqueidade do vedante da cabeça, com infiltração dos gases de combustão no circuito de arrefecimento: isto modifica tanto o estado químico, como a pressão do líquido refrigerante; se há problemas no reservatório de expansão em alguns casos a mola do empanque mecânico da bomba pode chegar a ceder devido a uma pressão superior àquela para a qual foi projectada.

7.6)

Corte das pás da turbina

Um corpo estranho no circuito cortou as pás. Por vezes trata se mesmo dos resíduos da ruptura da bomba anteriormente instalada. É necessário certificar se de ter limpo bem o circuito antes de substituir o líquido refrigerante.

7.7)

Utilização de líquidos refrigerantes não idóneos

Nestes casos, a corrosão de todas as partes das bombas indica a utilização de água e sais no interior do circuito. É evidente a não utilização de líquidos conforme as recomendações do construtor.





metelli s.p.a.

via bonotto 3/5, 25033 cologne (bs) italia metellispa@metellispa.it www.metellispa.it