

Os testes tribológicos foram conduzidos em um equipamento específico para este tipo de análise, porque trabalha com pequenas quantidades de materiais (peça, ferramenta e fluido de corte). Tal equipamento chama-se tribômetro. Esta etapa foi realizada no Werkzeugmaschinenlabor (WZL) na Universidade RWTH em Aachen na Alemanha, como parte do doutorado sanduíche. Consiste em realizar o atrito entre a ferramenta e o corpo-de-prova através da rotação e aplicação de uma força normal, a qual pode ser monitorada durante o teste.

Na Alemanha, atualmente o mais importante mercado de lubrificantes biodegradáveis, várias iniciativas políticas foram iniciadas nos últimos anos, das quais algumas foram incluídas em dois relatórios submetidos ao parlamento.

- . Resolução datada de 16 de junho de 1994: medidas para promover o uso de lubrificantes facilmente biodegradáveis.

- . Resolução de 28 de novembro de 1995: Notícias do Ministério de Alimento, Agricultura e Florestamento. Relatório sobre o uso de lubrificantes e fluidos hidráulicos facilmente biodegradáveis e medidas tomadas pelo governo (Nova Edição 1999).

- . Regulamentação para a introdução de lubrificantes amigos do ambiente no mercado (Junho de 2000: Este programa suporta a substituição de lubrificantes de base mineral por produtos a base de éster).

A tendência mundial é seguir a mesma tendência alemã no que diz respeito à legislação ambiental para o uso de fluidos de corte e lubrificantes em geral. Portanto neste item serão abordados os principais tópicos das principais leis e diretivas alemãs onde se enquadram o uso de lubrificantes.

Segundo Luther (2001) o uso de fluidos amigos do ambiente é obrigatório em setores públicos.

Pesquisas e desenvolvimentos sobre fluidos que ecologicamente não causem danos, e clarificação de questões não respondidas são incentivadas através destes projetos. O Governo alemão oferece incentivos de pesquisa para projetos ajudando a melhorar e demonstrar o possível nível de desempenho dos lubrificantes biodegradáveis, por exemplo, para a estabilidade da temperatura, estabilidade hidrolítica e estabilidade à oxidação de produtos sem alteração significativa em sua biodegradabilidade. Pesquisas ainda precisam ser feitas sobre disposição e acondicionamento dos resíduos de óleos a base de éster.

Legislação ambiental 1: uso regular

Todos os países industrializados têm leis que são designadas para proteger águas, solo, ambientes de trabalho e poluição do ar. Embora, a única proibição sobre o uso lubrificante à base de óleo mineral existe na Áustria e isto somente para óleos de serra, que foram banidos em 1 de maio de 1992, seguindo uma resolução (N. 647) aprovada em 16 de outubro de 1990. A Alemanha e um número de outros países têm implementado previsões e procedimentos legais que são designados a promover o uso de uma nova geração de produtos. Há também pressões políticas pelas agências de proteção ao meio ambiente. As principais leis e iniciativas legislativas na Alemanha que possuem um efeito sobre o desenvolvimento e uso de lubrificantes estão sumarizadas a seguir:

- . Lei alemã das águas;
- . Diretiva sobre água potável;

- . Lei alemã dos solos;
- . Lei Federal de emissões;
- . Lei de reciclagem e resíduos;
- . Lei de produtos químicos;
- . Lei de responsabilidade ambiental;
- . Iniciativas do Parlamento alemão;
- . O selo ambiental da “Blue Angel”.

A União Europeia tem iniciado um número de iniciativas. Porém lubrificantes não foram incluídos até o momento.

Lei de Responsabilidade Ambiental

Segundo a introdução da Lei de responsabilidade ambiental na Alemanha, os riscos ambientais para uma companhia têm aumentado significativamente.

Revisão Bibliográfica 52

Esta Lei indica que o causador é responsável pela à poluição ambiental não se abstendo da culpa.

A Lei nomeia cerca de 100 tipos de indústrias que possuem um risco potencial em termos de responsabilidade.

Importantes artigos desta lei são:

- . Artigo 6: Princípio do causador
- . Artigo 7: Suposição da causa (responsabilidade sobre suspeita)
- . Artigo 8: Obrigação de informar
- . Artigo 17: Financiamento de clean-ups.
- . Artigo 19: Obrigações preventivas.

Os efeitos sobre os lubrificantes são inofensivos até que se provem os riscos para os operadores usando lubrificantes não corretos. Estes riscos podem ser reduzidos pelo uso de produtos amigos do ambiente.

Lei de produtos químicos, Lei de substâncias perigosas.

A Lei alemã de produtos químicos é orientada pelas considerações de segurança no trabalho enquanto suas ligações com outras leis ambientais são ainda desejáveis. A harmonização europeia de avaliação toxicológica de produtos químicos, a qual é bem avançada, tem permitido rotulação dos lubrificantes se substâncias perigosas estão contidas e o projeto uniforme de folhas de dados de segurança da EU.

De acordo com a Lei de Substâncias Perigosas, a definição de substância perigosa e misturas (concentrações padrões de produtos químicos e aditivos) é, na prática, um aumento da rejeição de lubrificantes que contém substâncias perigosas mesmo se a concentração está abaixo do padrão correspondente. Isto significa que substâncias perigosas são também rejeitadas pela mistura (por exemplo, composto dos lubrificantes tem sido largamente substituído por novos aditivos não tóxicos).

Uma recente adição à Lei Alemã de Produtos Químicos também define substâncias perigosas e misturas de acordo com parâmetros de perigo. Novo na lista é o parâmetro “perigoso ambientalmente”. Artigo 4 da Lei de Substâncias Perigosas diz o seguinte: “Substâncias ou misturas são perigosas ambientalmente se elas e seus produtos de decomposição podem alterar a natureza da água, solo, ar, animais, plantas ou microrganismos de modo que eles sofram danos imediatos ou posteriores”. Aditivos que indicam estas características são assim também inadequados para o desenvolvimento de lubrificantes amigos do ambiente.

Os efeitos do uso de lubrificantes são, por exemplo:

- . Uma redução nas substâncias que poluem o local de trabalho;
- . O uso de poucas substâncias de risco.

Esta limitação na Lei de Produtos Químicos e Lei das Águas restringe severamente o número de aditivos que são apropriados para os lubrificantes amigos do ambiente e facilmente biodegradáveis.

Um adicional à limitada Lei dos Produtos Químicos em aditivos para lubrificantes facilmente biodegradáveis resulta do complicado procedimento de aprovação que são necessários para substâncias novas.

Disposição (Leis de Resíduos e Reciclagem)

A Lei dos óleos residuais que tem um status especial na Alemanha, antes estava integrada dentro da Lei de Resíduos de 1986. Esta foi então combinada com a Lei de Reciclagem de 1996. Regulamentações separadas determinam o Código de Resíduos para Produtos Residuais.

A integração dentro da Lei de Resíduos obriga os produtores de lubrificantes a receber os óleos usados dos consumidores. Como uma regra, os produtores de lubrificantes sub-contratam o trabalho para empresas de coletas de óleos residuais. Na prática, o consumidor de lubrificante paga para a coleta e disposição ou reciclagem. Uma obrigação similar provavelmente será introduzida para os óleos industriais e containeres.

Revisão Bibliográfica 54

Além do mais, a lei tem definido um número de categorias de óleos residuais com conteúdo de cloro (0,2%) e conteúdo de PCB (Policloreto de Bifenila), hoje menos importante, como maiores parâmetros de classificação. O alto custo de disposição dos produtos contendo cloro leva ao desenvolvimento de produtos livre de cloro.

Lubrificantes biodegradáveis baseados em ésteres sintéticos são incluídos como óleos residuais enquanto que os óleos de base vegetal não são sequer discriminados pela lei. Como eles não estão incluídos nas leis de reciclagem e óleo residual, eles devem ser tratados diferentemente como indica o seu Código de Disposição de Resíduos. O Código 12102 requer muito cuidado de monitoramento e tais resíduos têm que ser estocados e transportados separadamente.

São boas as chances de uma revisão da Lei de Resíduos, outras subordinadas e regulamentações incluírem lubrificantes a base de óleo vegetal como resíduo.

Legislação ambiental 2: Emissões

Poluição do Ar

A maioria da poluição do ar é causada por combustível fóssil que nós queimamos em veículos, casas, usinas de energia térmica e indústrias.

Muitos produtos químicos têm sido identificados em poluição do ar urbano. Um pequeno número destes tem sido encontrado por contribuir na escala de problemas da qualidade do ar. Estes poluentes incluem óxidos de nitrogênio (NO), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), materiais particulados (MP) e compostos orgânicos voláteis (COV). Quando alguns deles se combinam, eles produzem névoa ou chuva ácida. O nível base do ozônio, o maior componente da névoa de poluição, é formado quando óxido de nitrogênio (NO) e compostos orgânicos voláteis (COV) reagem na presença de altas temperaturas e luz do sol. Outro elemento chave da névoa são os materiais particulados.

Revisão Bibliográfica 55

Poluição da água

A qualidade da água doce e salgada é afetada por três importantes problemas de poluição das águas: substâncias tóxicas, excesso de nutrientes e sedimentação.

A substâncias tóxicas de uso industrial, agrícola e doméstico são alguns dos principais poluentes das águas. Testes incluem traços de elementos, policloreto de bifenila (PCBs), mercúrio, hidrocarbonetos de petróleo, dióxidos e alguns pesticidas. Algumas das substâncias entram na água de variados modos, incluindo: fontes industriais tais como mineração, produção de aço, geração de eletricidade e fabricação de produtos químicos; acidentes, tais como derramamentos de óleo e produtos químicos; efluentes de resíduos municipais e de defensivos agrícolas.

Excesso de nutrientes, tais como compostos de nitrogênio e fósforo originados principalmente de esgoto municipal e resíduos gerados em fazendas contendo fertilizantes e resíduos animais, podem causar excesso de crescimento das plantas aquáticas, as quais morrem e deterioram, esgotando o oxigênio dissolvido na água e matando os peixes.

O impacto dos lubrificantes no meio ambiente, com respeito ao solo, água e ar, é restrito por diferentes tipos de leis. Sendo a situação alemã, em termos de legislação, um exemplo para os outros países.

Lei Alemã para proteção do solo

Em março de 1999, uma Lei Federal Alemã para proteção da terra deveria vir com força total. Esta lei é similar a Lei da Água e a Lei de Emissões e implementações serão de responsabilidade dos estados federais. Enquanto a Lei das Águas somente tem efeito indireto sobre o solo, a Lei do Solo deveria evitar a ação das substâncias ecologicamente perigosas no solo.

A Lei fornece maior precisão a respeito dos danos ambientais e uma restrição adicional ao uso de substâncias ecologicamente prejudiciais.

Como uma significativa proporção dos lubrificantes polui o solo, a Lei dos Solos tem profundos efeitos nas aplicações de lubrificantes. Por exemplo, medidas de recuperação de solos poluídos com óleo mineral.

Revisão Bibliográfica 56

Devido às leis nacionais alemãs designadas para proteger o solo não possuem valores padrões para limitar a poluição do solo, maioria dos países europeus usa a “lista Holandesa”, que estipula quando uma contaminação com óleo mineral precisa ser recuperada, limpa. De acordo com esta lista, os valores padrões de óleo mineral que então requer medidas de recuperação são:

1. > 500 mg/kg em áreas residenciais e zonas de proteção de águas.
2. >1000 mg/kg para regiões de recuperação.
3. Em casos individuais e quando for confirmado por um perito independente, acima de 5000 mg/kg pode ser tolerada (tais como em áreas industriais que não tenha quantidade de água relevante).

Assume-se que a disposição necessária e limpeza de 1 m³ de óleo mineral custa aproximadamente 750 Euros. Este fato também promove o desenvolvimento de produtos amigos do ambiente que geram menores custos de recuperação, tratamento (por exemplo, 75 Euros/m³).

Lei Alemã das Águas

A Lei Alemã das Águas oferece proteção direta para as águas e somente proteção indireta para os solos. Os importantes artigos da Lei Alemã das Águas são:

. Artigo 19 G – Indústrias e equipamentos para substâncias poluidoras de água (óleos minerais bem como seus derivados): “Indústrias e equipamentos projetados para estocagem, preenchimento, manufaturar ou tratar substâncias poluidoras das águas bem como indústrias e máquinas usando substâncias poluidoras de água em companhias industriais e setores públicos precisam ser projetadas, construídas,

instaladas, mantidas e operadas de tal modo que não possa ocorrer contaminação de águas ou qualquer outra mudança indesejável nas características das águas”.

. Artigo 22 – Responsabilidade por mudanças nas características das águas: “Qualquer parte que reserva substâncias para contato com a água as quais mudam as características físicas, químicas e biológicas da água é responsável por qualquer dano causado. Se mais que uma parte está envolvida, então todos são responsáveis”.

Revisão Bibliográfica 57

Estes artigos e outras regulamentações alemãs são boas orientações para fabricantes de lubrificantes e consumidores. A aplicação destas orientações para a estocagem e uso dos lubrificantes, poderia levar a severas restrições se grandes quantidades de óleo estão envolvidas. No passado, estas regulamentações foram seguradas diferentemente nos diversos estados da Alemanha. Os estados trabalham separadamente sobre a questão das águas, que podem formar a base do modelo nacional, criando uma definição uniforme da categoria de danos e medidas de acompanhamento preventivo.

De acordo com a Agência Ambiental nas “linhas de guia sobre segurança para as substâncias poluidoras das águas”, o potencial de perigo depende do volume da planta industrial e da categoria de poluição da água das substâncias usadas. O alvo é reduzir este potencial e assim o custo massivo de renovar a planta industrial e equipamento por:

- . Ajustando a planta industrial e registro de equipamento
- . Fixando e selando os reservatórios
- . Ajustando a capacidade do controle
- . Medidas de infraestrutura.

Isto somente é possível com lubrificantes biodegradáveis. A Lei Alemã de Águas detalha procedimentos de bioteste que são obrigatórios para o monitoramento da distribuição de resíduos dentro de canalizações públicas. Também, as concentrações iniciais de metais pesados são medidas na distribuição dos resíduos dentro das canalizações públicas (estes podem originar de fluidos de corte emulsionáveis que são contaminados com óleo hidráulico contendo zinco).

Cargas de águas residuárias

A carga para distribuição dos resíduos diretamente na rede pública depende do grau de contaminação. A Lei correspondente define:

- . A definição de substâncias perigosas, por exemplo, metais pesados, tais como zinco e bário nos aditivos de lubrificantes, compostos de halogênios orgânicos, etc.
- . As cargas para substâncias perigosas.

Revisão Bibliográfica 58

Durante o uso, tais como em máquinas ferramentas, lubrificantes entram em contato com fluidos de corte, óleos hidráulicos e outros. Quando fluidos de corte solúveis são separados, partes dos aditivos dos óleos hidráulicos podem permanecer na fase aquosa e em circunstâncias desfavoráveis, estes podem levar ao aumento da carga da água residuária. Este problema tem levado ao desenvolvimento de óleos hidráulicos livres de zinco e cinzas. O uso de fluido amigo do ambiente pode também trazer uma positiva contribuição para redução da poluição, bem como abaixar a carga das águas residuárias.

Ar Limpo: Lei Alemã de Emissões

A Lei Alemã de Emissões foca-se em manter o ar limpo e tem tido um aumento da influência sobre a manufatura, uso e disposição dos lubrificantes atualmente. A Lei de Emissão afeta lubrificantes se as emissões totais de uma indústria atinge

um nível crítico. Deveria ser lembrado que em certas aplicações, mais de 10% dos lubrificantes evaporam ou formam névoa de óleo. Isto por sua vez, pode exaurir para dentro da atmosfera como emissões. Lubrificantes que evaporam ou formam névoa significativamente menor que os produtos convencionais são vistos como amigos do ambiente. Comparando óleo mineral com fluido facilmente biodegradável, como óleo de sementes ou produtos a base de éster, há uma redução das emissões acima de 90%. De acordo com a Lei das Águas, se o projeto da indústria é razoável técnica e economicamente, todos os métodos, instalações e procedimentos deveriam ser empregados para a redução de emissões. De acordo com a Lei de Emissões, todos os métodos, instalações e procedimentos que são praticáveis deveriam ser usados para limitar emissões.

Diretiva da Água Potável

O grau de pureza da água potável é um objetivo da Lei de Água, particularmente com considerações às restrições aplicáveis em zonas de proteção da água. Um importante aspecto da lei que se refere à segurança das máquinas é a classificação de lubrificantes como fluidos combustíveis. Estas leis colocam medidas para estocagem de fluidos inflamáveis.

Revisão Bibliográfica 59

Um lubrificante que não é classificado como um fluido combustível e que não é agressivo à água tem menor custo para estocagem. Isto se aplica para um número de lubrificantes amigos do ambiente.