

Metallentfettung: Eine vielfältige Technologie

Einführung

Die Metallentfettung hat in den letzten zehn Jahren einen grundsätzlichen Wandel durchgemacht. Die Anforderungen steigen :

- Total Quality Management,
- Gesetzliche Auflagen,
- Erhöhte Produktivität.

Der Industrielle sieht sich einer grossen Zahl von Angeboten gegenübergestellt und es fällt schwer, wirtschaftlich und funktionell effiziente Systeme zu unterscheiden, um Teile zu reinigen. Die Anlagen sind oft spezifisch, wie wässrige Systeme, welche für die Feinstreinigung geeignet sind, wie man sie in der Optik und Elektronik findet.

Die Entfettung mit halogenfreien Kohlenwasserstoffen, oder AIII Lösemitteln, deren Flammpunkt zwischen 56°C und 100°C liegt, hat sich in den letzten fünf Jahren stark entwickelt.

Dieser Artikel präsentiert den Stand der Technik am Beispiel der Entfettung von Kugellagern mit der schweizerischen Anlage Amsonic Egaclean.

Andere Anwendungen liegen im Bereich der Steckverbinder, Decolletage und Uhrenindustrie vor. Das Konzept eignet sich aber auch für die Feinstreinigung mit wässrigen Medien.

Egaclean Technologie

Die Anlage

Amsonic hat seit 1992 Maschinen entwickelt, die mit AIII Lösemitteln reinigen. Die Reinigung erfolgt bei 40°C und die Vakuumtrocknung bei 100 mbar.

Die Brennbarkeit der AIII Lösemitteln bedingt Sicherheitsmassnahmen. Die Lösung liegt bei der Egaclean Anlage, welche im 1997 entwickelt wurde bei einem Betriebsdruck von weniger als 100 mbar. Dadurch kann die Entfettung heiss erfolgen. Die Dampfphase und die Vakuumtrocknung vervollständigen die Reinigung. Die Vakuumdestillation ist auch Bestandteil der Anlage.

Ein Patent wurde für das Konzept erteilt.

Die Teile werden in die Reinigungskammer beladen. Das Lösemittel wird eingepumpt und nach der Reinigung wieder in den Tank zugeführt. Grundsätzlich wird mit zwei Tanks gereinigt, ein Arbeitstank und ein Reintank. Das Lösemittel wird kontinuierlich destilliert.

Die verschiedenen Reinigungsphasen sind programmiert. Sie bestehen aus:

- Tauchen mit Ultraschall oder Fluten, eventuell Spritzen,
- Dampfphase,
- Trocknung.

Alle Schritte werden bei weniger als 100 mbar durchgeführt. Die Temperatur, Drehbewegungstyp und Zeiten können eingegeben werden.

Die Rückbefüllung ist eine Option. Sie kann in Mineralöl durchgeführt werden, wobei in diesem Fall eine separate Wanne verwendet wird. Oder aber kann sie in der Reinigungskammer erfolgen, mit Zusatz von Korrosionsschutz im AIII Lösemittel.

Der Destillationssumpf besteht aus organischen und anorganischen Verbindungen, deren Siedepunkt oberhalb desjenigen vom Lösemittel liegt werden manuell oder automatisch entleert. Dadurch vermindert sich der Verbrauch auf den Ersatz der Destillationsverluste, welche 10 bis 15% betragen.



Lösemittel

Das Konzept der Egaclean Anlage entspricht speziell den Anforderungen der AIII Lösemittel, sie kann aber auch mit chlorierten Lösemitteln reinigen, durch Einbau eines regenerierbaren Aktivkohlefilters.

Das Reinigen mit wässrigen Medien ist auch möglich.

Unter den verwendeten AIII Lösemitteln seien erwähnt:

Isoparaffine
Kunststofflösemittel NMP
Modifizierte Alkohole Verschiedene Lösungen

Charakteristiken	Einheit	Isoparaffin	NMP	Modifizierte Alkohole
Dichte	g/ml bei 20 °C	0,77	1,028	0,880
Siedepunkt	°C bei 1013 hPa	173-193	204,3	169-171
Flammpunkt	°C (DIN51758)	>56	91	63
Explosionsgrenze	% vol	0,6 – 7,0	1,3 – 9,5	1,1 – 8,0
Dampfdruck	hPa bei 20 °C	0,1	0,32	1,1
Oberflächenspannung (Luft)	mN/m	25	41	26
Verdampfungsindex	ether =1 (DIN 53170)	>1000	360	>400
Kauri-butanol Wert	indice	> 40	>300	>130
Verdampfungsenthalpie	kJ/kg	250	550	310
MAK Wert	ppm	3000	20	100
Toxische Klasse (Schweiz)		libre	5	5
Rezyklieren		100%	100%	100%
Wasserlöslichkeit	% poids	<0,10%	100%	6%
Viskosität	mPa.s (25 °C)	1,13	1,796	4,0
Richtpreis	Frs/l	Ca. 3.--	Ca. 5.--	Ca. 7.-- à 20.--

Tabelle 1: Charakteristiken der AIII Lösemittel

Gesetzgebung

Das Ziel der Gesetze zur Verminderung der Emissionen aus halogenierten Lösemitteln verteuern die Reinigungsanlagen. Dadurch werden sie nur noch in Fällen von sehr komplexen Geometrien eingesetzt. Die Reinigung mit AIII Lösemitteln im Bereich der Steckverbinder und Decolletage beweisen, dass die Reinigungsqualität einer Tri oder Per Reinigung entspricht.

Die gesetzlichen Auflagen für AIII Lösemittel laut LRV bedingen eine Emissionskonzentration unter 150 mg/m³, bei einem Massenstrom über 3 kg/h.

Für chlorierte Lösemittel gelten:

< 100 g/h für Perchlorethylen (PER) und Dichlormethan

< 25 g/h für Trichlorethylen (TRI).

Dazu wird Tri als karzinogen eingestuft.

Das Kühlsystem der Egaclean ist im Kreislauf, was jegliche Abwasserprobleme und Wasserverbrauch eliminiert. Der Destillationssumpf beinhaltet keine toxischen Stoffe und wird von Mineralöllieferanten gratis übernommen. Die Entsorgung erfolgt durch Verbrennen in Zementwerken.

Die Einführung einer VOC Abgabe ab 1.1.2000 ist auch ein Schritt im Sinne der Emissionsbegrenzung. Sie gilt für CKW und AIII Lösemittel

Dank dem sehr geringen Verbrauch von Lösemitteln in der Egaclean wird die Abgabe nicht erhoben (keine Abgabepflicht bei Emissionen unter 30% der LRV Werte). Die Sicherheitsanforderungen der SUVA werden eingehalten. Auch werden in Schweden betrieben, welche die Norm EN600079 erfüllen.

Produktion

Die Produktivität der Reinigungsanlagen wird durch verschiedene Parameter bestimmt.

AIII : Zykluszeit von 7 bis 20 Minuten pro Charge.
 Durchschnittsgewicht von 50 bis 200 kg.

Per, Tri : Zykluszeit von 6 bis 15 Minuten pro Charge

Durchschnittsgewicht von 50 bis 200 kg.

Die Lösemittelkonzentration von 1 g/m^3 ist massgebend für die Öffnung der Schleuse. Dadurch kann die Zykluszeit wesentlich verlängert werden, wenn die Trocknung nicht unter Vakuum erfolgt.

Wässrig : Die Zykluszeit wird von der Trocknungszeit bestimmt. Man kann durchschnittliche Trocknungszeiten von 10 Minuten als Richtwert annehmen.

Das Chargengewicht ist selten über 100 kg.

Die Trocknung von komplexen Teile verlangt die Vakuumtechnologie.

Qualität & Effizienz

Die Erfahrung in Deutschland seit der Einführung der 2.BImSchV gibt Hinweise auf die Vor- und Nachteile der drei Reinigungsmethoden.

Die Metallentfettung mit *CKW* (Per und Tri) bleibt die optimale Methode bei extremen Verunreinigungen und sehr komplexen Geometrien. Als Beispiel seien lange Röhre mit kleinem Durchmesser, die durch Ziehöle verunreinigt sind.

Alle Lösemittel sind wirtschaftlich im Einsatz, dank kontinuierlichem Recycling und kostenlose Entsorgung des Sumpfs. Sie gewähren eine Qualität der Reinigung und Trocknung, welche mit den *CKW*-Verfahren vergleichbar ist. Die chemische Stabilität des Lösemittels, speziell von Isoparaffin, vereinfacht die Arbeitsbedingungen. Es kann nämlich zu keiner Versäuerung des Lösemittels führen, wie das beim *CKW* der Fall sein kann.

Die Reinigungsqualität von Kohlenwasserstoffen wird beeinflusst durch :

- Die Verwendung von Ultraschall unter Vakuum, was deren Wirksamkeit erhöht, im Gegensatz zum Betrieb unter Normaldruck .
- Die Lagerung des Lösemittels unter Vakuum garantiert den Einsatz eines entgasten Mediums.
- Die Dampfphase ermöglicht ein Kondensieren der Dämpfe und somit ein Spülen auf der ganzen Oberfläche und in Sacklöchern mit destillierten Lösemittel.
- Die Destillation erfolgt unter optimalen Bedingungen, was den langfristigen Einsatz des Mediums anbelangt. Dadurch wird der Verbrauch auf das Minimum beschränkt.
- Die Auswahl des passenden Lösemittels wird erfolgt aufgrund der Verunreinigungen. Zum Beispiel wird ein nicht polares Lösemittel bei Verunreinigungen basierend auf Mineralöl eingesetzt. Hingegen werden anorganische Verunreinigungen vorzüglich mit polaren Medien erzielt.
- Die kontinuierliche Filtration hält auch kleinste Partikeln bis $1 \mu\text{m}$.
- Die Vakuumtrocknung eignet sich speziell für Sacklöcher.

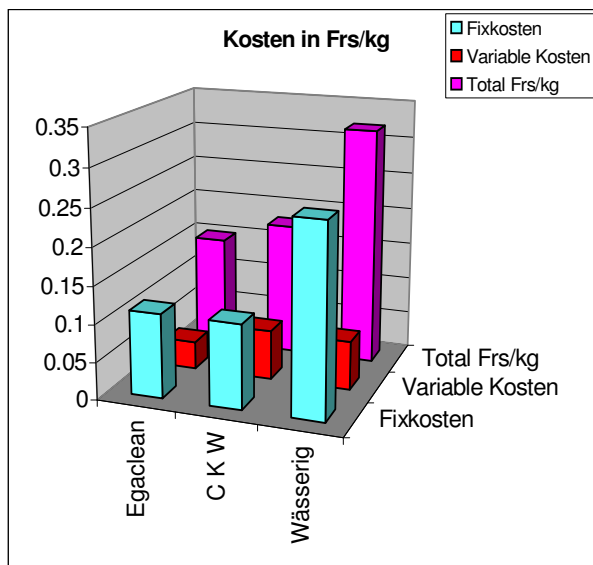
Die dritte Familie von Reinigungstechniken basiert auf wässrige Medien. Diese Methode bedingt verschiedene pH der Detergenzien je nach Metallen, die gereinigt werden (Stahl, Kupferlegierungen, Leichtmetalle). Die Wasserspülung, die Warmlufttrocknung und die daraus folgenden Korrosionsrisiken sind ein nicht zu unterschätzendes Risiko. Die Anlagenaggregate, insbesondere die Wasseraufbereitung verteuern den Betrieb der Anlagen.

Folgende Tabelle zeigt einen wirtschaftlichen Vergleich der Reinigungssysteme.

Kostenart	Egaclean	C K W	Wässerig
Berechnungsbasis : 1 Jahr			
Investition			
Anlage	150'000	150'000	250'000
Inbetriebnahme	2'500	2'500	8'000
Zins auf investiertem Kapital 6%	9'150	9'150	15'480
Abschreibung auf 5 Jahre	30'500	30'500	51'600
Jährliche Kosten	39'650	39'650	67'080
Chemie			
Verbrauch in Litern	300	3000	300
Preis inklusiv Recycling pro Liter	4.--	4.--	10.--
Jährliche Kosten	1'200	1'200	3'000
Energie			
Verbrauch in kWh	35'200	22'880	40'480
Tarif in Frs / kWh	-.16	-.16	-.16
Jährliche Kosten	5'632	3'661	6'477
Wasser			
Verbrauch in m ³	0	0	588
Tarif in Frs / m ³	2.--	2.--	2.--
Jährliche Kosten	0	0	1176
Entsorgung			
Gewicht in kg	1760	1760	4000
Preis in Frs / kg	-.65	3,25	-.65
Jährliche Kosten	1144	5'720	2600
Wartung			
Produktion en Tonnen / Jahr	2000	2000	4000
Produktion en Tonnen / Jahr	352	352	264
Gesamtkosten in Frs / Tonne	140.98	179,06	319,44

Tabelle 2: Betriebskosten der verschiedenen Reinigungstechnologien

Tabelle 3 : Graphik der Betriebskosten



Umweltaspekte

Die Ökobilanz ist ein Mittel der Quantifizierung der Reinigungsanlagen in bezug auf ihre Emissionen in der Umwelt. wir zeigen hiernach die Zusammenfassung einer Analyse von 11 Maschinen aus den erwähnten Technologien. AIII- und wässrige Anlagen schneiden am besten ab. Man muss jedoch berücksichtigen, dass eine CKW Anlage aus der Probe sehr hohe Emissionen hatte, weil das Lösemittel in den Sacklöchern der Teile blieb. Wenn diese Anlage mit einer Sonde zur Messung der CKW Konzentration ausgerüstet sein würde, dann wäre ihre Ökobilanz bedeutend positiver. Die Zykluszeit wäre dadurch aber um das zwei- bis dreifache verlängert, was den Einsatz zusätzlicher Anlagen bedingen würde.

Kriterien	Egaclean	C K W*	Wässrig
Verbrauch	17	104	15
Abfälle	0	0	0
Recycling	-3	0	-1
Umwelbelastungspunkte / to	14	104	14

Tabelle 4: Ökobilanz der Reinigungsanlagen

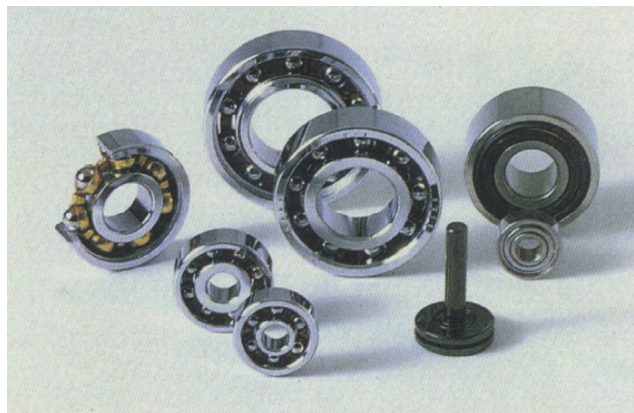
*Die Gesamtsumme der Ökopunkte würde ca. 15 für die CKW betragen, wenn die Anlage mit einer Sonde zur Messung der CKW Konzentration ausgerüstet wäre. Man kann somit sagen, dass keine der drei Technologien sich auszeichnet, was die Ökobilanzierung anbelangt.

Die Reinigung bei WIB

Firma WIB AG, in Bulle (FR), ist Mitglied der Gruppe NSK-RHP und stellt Kugellager hoher Präzision her. Die Firma besteht seit 1961. WIB produziert Radialkugellager und Präzisionskugellager. Das Fabrikationsprogramm beinhaltet über 600 Referenzen. Die jährliche Produktion beträgt 8 mio Kugellager und 4 mio Rollen.

Der Ersatz der Tri-Anlage wurde ab 1995 erwägt. Ein Grundsatzentscheid der NSK Gruppe bedingte, dass keine CKW mehr eingesetzt werden sollten. Die Reinigung sollte mit Kohlenwasserstoffen oder wässrig sein. Als Entscheidungskriterien galten:

- die Reinigungsqualität,
- das Korrosionsrisiko,
- die Produktivität,
- die Gesamtkosten der Investition,
- die Reproduzierbarkeit von Reinigung - Trocknung.



Vor der grossen Wahl der Verfahren gestellt und nach verschiedenen Laborversuchen hat WIB beschlossen, eine Egaclean Anlage zu mieten um diese Technologie zu testen. Die wässrige Reinigung wurde wegen dem Korrosionsrisiko nicht weiter berücksichtigt. Als Lösemittel wurden:

- Isoparaffin und
- modifizierte Alkohole

evaluiert. Gewählt wurde das Esso-clean.

Die Gründe liegen im Preis und im guten Korrosions-verhalten der gereinigten Teile. Die Lösemittelstabilität ist ein weiterer Vorteil.

Technologie

Charakteristiken	Einheit	Egaclean 4200
Korbabmessungen	LxBxH in mm	670x480x320
Erstbefüllung	Liter	750
Kapazität der Destille	Liter/Stunde	100
Installierte Leistung	kW	54
Abfall		Späne und Destillationssumpf
Ausstoss	kg/h	400

Tabelle 5: Spezifikationen der Anlage

Die Beschickung der Körbe ist automatisch und die Reinigungsprogramme werden aufgrund der Chargen-kodierung gewählt.

Lösemittel

Esso-clean ist ein Lösemittel der AIII Klasse. Seine Spezifikationen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Reinigungsgut

Die zu reinigenden Teile bestehen aus den Komponenten der Kugellager nach dem Schleifen. Hier werden Abrieb und Kühlschmierstoff abgereinigt vor Messungen und weiteren Arbeitsgängen. Andererseits werden Fertigprodukte vor der Endkontrolle gereinigt. Diese erfolgt mittels Lärmkontrolle auf einer Anderson Maschine.

Eine zusätzliche Kontrolle besteht in der Beurteilung der

in einem Lösemittel gelösten Partikeln. Wenn diese Kontrolle negativ ausfällt, wird eine zusätzliche Filtration des Lösemittels der Egaclean angeordnet.

Die Teile werden als Schüttgut gereinigt, mit Schwenken, Drehen oder statisch.

Vier Programme werden verwendet:

Kugel, Käfig: Arbeitstank, Dampfphase, Trocknung, statisch.

Kugellager: Arbeits- und Reintank mit Ultraschall, Dampfphase, Trocknung, Schwenken.

Deflektoren: Arbeits- und Reintank mit Ultraschall, Dampfphase, Trocknung, rotieren.

Laufringe: Arbeits- und Reintank mit Ultraschall, Dampfphase, Trocknung, statisch.

Qualitätskontrolle

Die Kontrolle erfolgte während der Testphase und zeigte keine Unterschiede zur Reinigung mit Tri. Sie wurde dann auf die Qualität des Lösemittels und Destille erweitert. Es konnte festgestellt werden, dass kein Beeinträchtigung des Lösemittels erfolgte. Die Reinigungsqualität blieb konstant, bei einem Öleintrag von ca. 10 Liter / Tag.

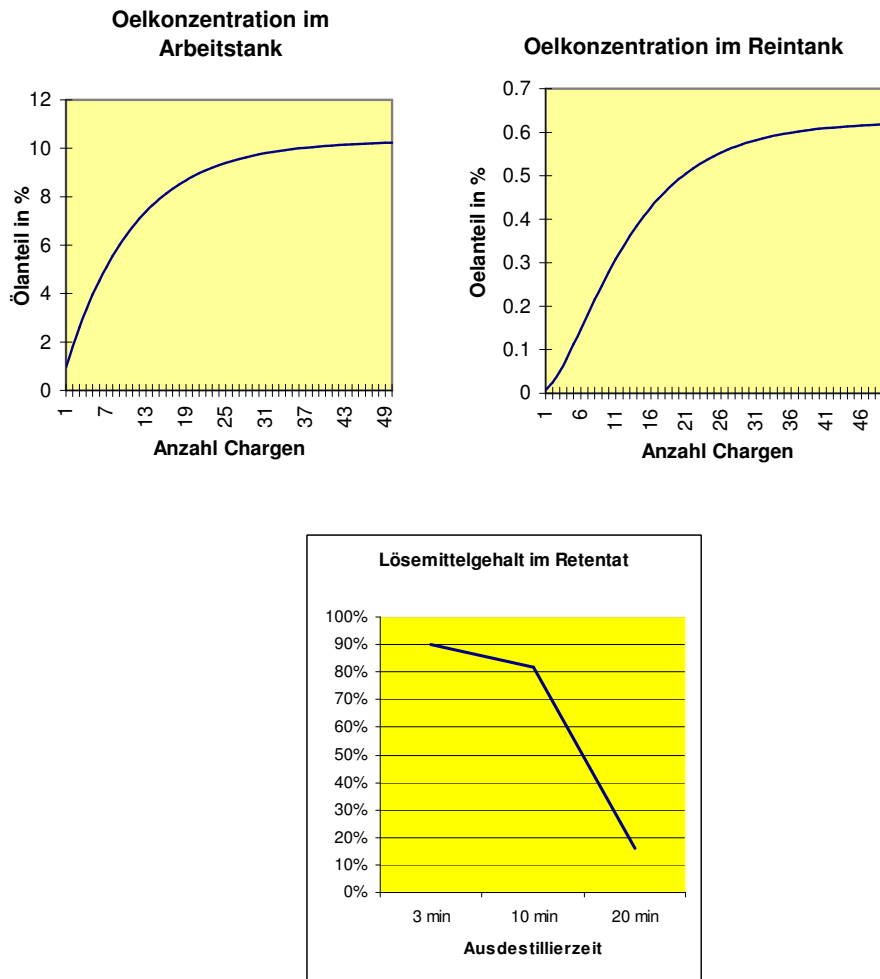


Tabelle 6: Ölkonzentration

Bilanz

Der Waschtest erstreckte sich auf einer Periode von vier Monaten und berücksichtigte:

- die Reinigungsqualität
- die Trocknungsqualität
- die Qualität der Destille
- die Wirtschaftlichkeit
- der Umweltschutzaspekt.

Die definitive Anlage wurde im Juli 1998 installiert. Die Erfahrung mit der Egaclean Anlage werden vom Anwender wie folgt zusammengefasst.

Die Qualität der Reinigung und Trocknung entspricht derjenigen der offenen Tri Anlage.

Die Destillation funktioniert einwandfrei; die errechneten Kurven (Tabelle 6) haben sich langfristig bestätigt. Die Destille funktioniert kontinuierlich mit einer zusätzlichen Destillation von 2-3 Stunden ausserhalb der Betriebszeit.

Tabelle 7: Betriebsdaten

Anzahl Chargen :	3'742
Testperiode :	August 98 bis März 99
Anzahl Stunden :	1'257 h in 157 Tagen
Durchschnittliche Chargen /h :	3.26
Mittlere Zykluszeit :	18 Minuten
Aufwärmzeit :	30 - 40 Minuten
Korbgewicht im Durchschnitt :	ca 50 kg
Lösemittelverbrauch :	343 l
Destillationssumpf :	1640 Liter.
Energieverbrauch :	ca. 20 kWh
Wasserverbrauch :	2 Liter pro Monat

Umweltaspekte

Lagerung : in Fässern	154 kg,
Mengenschwelle (StfV)	200'000 kg
Energie :	ca. 35'200 kWh
Abfallrecycling :	Verbrennung
Produktion :	ca. 260 / Jahr
Verbrauch von Tri in der alten Anlage	ca 7000 kg/Jahr

Tabelle 8 zeigt die Ökobilanz der Egaclean. Die Systemgrenzen werden ausschliesslich auf den Betrieb der Anlage, nicht auf deren Herstellung und Entsorgung.

Die gleiche Anlage wurde von der NSK Gruppe für Ihre Filiale in Kielce (Polen) angeschafft. Sie ist seit Januar 1999 in Betrieb und reinigt ca. 6400 kg in 16 Stunden pro Tag.

Die Qualitätskontrolle wird durch Lösen von Restpartikeln in einem Lösemittel und Zählen. Jede Probe soll weniger als 3 Partikeln von 50 – 100 µm aufweisen.

Tabelle 8: Ökobilanz der Anlage

Referenzperiode: August 98 bis März 99

Produktion : 187'100 kg

No	Funktion	Produkt	Öko-faktor	Einheit	Verbrauch	Einheit	Öko-punkte in 1000	Öko-punkte pro kg
1.	Verbrauch							
1.1.	Lösemittel	Isoparaffin	14,3	g	264100	g	3777	20,2
1.2.	Kühlwasser	Wasser			24	Liter		
1.3.	Energie	25120 kWh	1	MJ	90360	MJ	90	0,5
1.4.	Transport	km	0,0115	t*km	180	t*km	2	0
	Sub-Total						3869	20,7
2.	Abfall							
2.1.	Feststoffe (Metall und Abrieb)	100 kg	0,222	g	100000	g	22	0,1
2.2.	Flüssig (Öl)	Brennstoff	-0,031	g	1722000	g	-53	-0,3
	Sub-Total						-31	-0,2
	Total						3838	20,5

Perspektiven

Egaclean Anlagen reinigen aber auch mit anderen Lösemitteln. Zum Beispiel werden modifizierte Alkohole eingesetzt, wenn Feinstreinigung von polaren Verunreinigungen verlangt werden.

Unter den häufigsten Anwendungen von Egaclean mit Isoparaffin findet man die Decolletage-, Steckverbinder-, Uhren- und Werkzeugindustrie. Speziell für Drehteile wurde der Durchbruch dieser Technologie erzielt. In Court (BE), der Hochburg der Drehteileindustrie haben nicht weniger als vier Firmen sich für Egaclean entschieden.