SPECTRO-M-10-MIR

Kontrola Inline cienkich warstw oleju na metalu

Proces pomiaru MIR wprowadzony do czujników SPECTRO-M został rozwinięty przez Sensor Instruments w celu badania cienkich warstw organicznych na metalowych powierzchniach. Czujniki SPECTRO-M są przeznaczone właśnie do detekcji i kontroli cienkich filmów olejowych na metalu.

W praktyce chodzi o to, że proces usuwania oleju z wytwarzanych części powinien być kontrolowany lub musi być kontrolowana homogeniczność jego warstwy. W trakcie wykonywania testów towarzyszących badaniom ustalono także, że w systemie można bardzo dobrze rejestrować właściwości parowania oraz pozostałości oleju na powierzchniach metalowych w rzeczywistych warunkach zastosowania (cienkie warstwy).

W tym celu przeprowadzono testy na specjalnych olejach do tłoczenia szeregu CLF z gatunku Raziol, których wyniki zamieszczono w Rozdziale 6 w tym opracowaniu.

Prezentowany dokument opisuje zasadę działania czujnika w procesie Inline SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) firmy Sensor Instruments. Kolejne czujniki SPECTRO-M posiadające inną geometrię pomiaru są opracowywane. Oprócz tego jako wiodąca firma w dziedzinie czujników specjalnych jesteśmy w stanie przygotować technologię do specjalnych zastosowań i życzeń Klienta.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Treść:

1 Wprowadzenie 4
2 Zasada działania SPE CTRO-M-10-MIR 4
3 Metody referencyjne do ustalenia napięcia powierzchniowego 9
3.1 Napięcie powierzchniowe i graniczne napięcie powierzchniowe 9
3.2 Ustalenie napięcia powierzchniowego przez pomiar kata styku 12
3.3 Ustalenie napięcia powierzchniowego metodą tuszu testowego 14
3.4 Metoda referencyjna i pomiar Inline 16
4 Zakresy stosowania czujników SPECTRO-M 16
5 Pomiary testowe z zastosowaniem różnych olejów 17
5.1 Motywacja pomiaru warstw oleju na powierzchniach metalowych 17
5.2 Metoda tuszu testowego - szeroko stosowany proces pomiaru referencyjnego w kontroli pozostałości oleju 18
5.3 Układ pomiarowy i przyjęta metodyka 19
5.4 Lista testowanych typów olejów 21
5.5 Sprawdzenie pozostałości oleju za pomocą SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) 22
5.5.1 Czujnik MIR i jego zastosowanie 22
5.5.2 Porównanie czułości różnych olejów przy jednakowej grubości warstwy 23
5.5.3 Zależność sygnału pomiarowego MIR od czasu 24
5.5.4 Korelacja sygnału MIR i zmierzonego napięcia powierzchniowego w zależności od rodzaju oleju 24
5.5.5 Porównanie wartości pomiarowych MIR w zależności od napięcia powierzchniowego 29
5.5.6 Porównanie metody MIR z czujnikami UVA i UVC 30
5.5.7 Zestawienie kontroli pozostałości oleju 31
5.6 Kontrola Inline grubości warstwy oleju 32
5.7 Pomiar parowania nanoszonego oleju 35
6 Pomiary testowe w szeregu CLF 11 37
6.1 Metodyka testów oraz metoda referencyjna 37
6.2 Dane producenta dotyczące szeregi CLF 11 38
6.3 Raziol CLF 11 L 41
6.3.1 Czas parowania frakcji lotnych znajdujących się w oleju 41
6.3.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 42
6.3.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 43
6.4 Raziol CLF 11 44
6.4.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 44
6.4.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 44
6.4.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 45
6.5 Raziol CLF 11 W 10 46
6.5.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 46
6.5.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 47
6.5.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 47
6.6 Raziol CLF 11 W 25 48
6.6.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 48
6.6.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 49
6.6.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 49

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.7 Raziol CLF 11 SE 50
6.7.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 50
6.7.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 51
6.7.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 51
6.8 Raziol CLF 11 S 52
6.8.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 52
6.8.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 53
6.8.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 53
6.9 Raziol CLF 11 SB 54
6.9.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 54
6.9.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 55
6.9.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 55
6.10 Raziol CLF 11 SD 56
6.10.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 56
6.10.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 57
6.10.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 57
6.11 Raziol CLF 11 SF 58
6.11.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 58
6.11.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym 59
6.11.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 59
6.12 Raziol CLF 11 SG 60
6.12.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju 60
6.12.2 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego 61

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

1 Wprowadzenie

Działanie SPECTRO-M-Serie opiera się na zasadzie pomiaru, która znana jest z badań stosowanych w spektroskopii absorpcyjnej lub wibracyjnej.

Pod pojęciem spektroskopii wibracyjnej rozumie się, w szerokim znaczeniu tego pojęcia, analizę materiałów przez naświetlanie obiektu światłem o różnych długościach fal (energia). Energia świetlna wprowadzona do materiału zostaje częściowo przetworzona na ruch drgający molekuł (zaabsorbowana). Ponownie występujące promieniowanie jest zapisywane w postaci widm optycznych. Z analizy drgających widm optycznych można uzyskać informacje o molekularnej strukturze materiałów organicznych. Na tej podstawie uzyskuje się dane do ustalenia i kontroli ich właściwości chemicznych i fizycznych.

W spektroskopii IR na skutek promieniowania w zakresie fal podczerwonych następuje wzbudzenie znanych z fizyki kwantowej drgających stopni swobody molekuł. Obserwuje się przy tym prążki absorpcyjne w spektrum IR. Prążki drgań podstawowych leżą w zakresie średniego pasma podczerwieni (MIR, ~ 2500 nm - 16000 nm). Drgań kombinacyjnych oraz składowych harmonicznych należy szukać w bliskiej podczerwieni (NIR, ~ 800 nm - 2500 nm). W przypadku prążków absorpcyjnych NIR chodzi najczęściej o szerokie, wzajemnie zachodzące na siebie struktury, podczas gdy absorpcja MIR zachodzi w wąskich zakresach pasm.

Absorpcja w pasmach NIR jest wprawdzie o rzędy wielkości mniejsza aniżeli składowe podstawowe, ale pomimo tego dostarcza wystarczających informacji do oceny polimerów. Procesy absorpcji NIR są wykorzystywane w recyklingu tworzyw sztucznych. Absorpcja MIR jest bardzo przydatna do charakteryzacji cienkich, organicznych warstw na metalach.

W rodzinie SPECTRO-M firmy Sensor Instruments chodzi o czujniki Inline, które analizują różne zachowania absorpcyjne materiałów organicznych w zakresie MIR w celu uzyskania jakościowych i ilościowych opinii dotyczących warstw organicznych na metalach w procesie produkcyjnym.

Interesującym obszarem badań warstw organicznych na metalach jest kontrola lub pomiar filmów olejowych. W obróbce metali stosowane są oleje specjalne, które optymalizują proces głębokiego tłoczenia i ciągnienia, ale ich pozostałości muszą zostać usunięte po zakończeniu obróbki.

Kontrola Inline naoliwienia części metalowych lub usunięcie resztek oleju jest wyzwaniem metrologicznym, które powiązane jest ze stale cieńszymi warstwami oraz coraz bardziej ulepszanymi recepturami i funkcjami oleju.

Ocena powierzchni następuje często za pomocą badania napięcia powierzchniowego lub powierzchniowego napięcia granicznego. Dokument opisuje w skrócie dwa powszechnie stosowane procesy pomiaru napięcia powierzchniowego obejmujące metodę tuszu testowego oraz pomiar kąta styku.

W opracowaniu podane zostało także zestawienie naszych badań olejów do tłoczenia i ciągnienia za pomocą SPECTRO-M-10-MIR i porównanie wyników uzyskanych z zastosowaniem metody czerwonego tuszu. Chodzi w tym przypadku o wykrywanie najmniejszych pozostałości tuszu lub o ujęcie grubości warstw z metrologicznego punktu widzenia. Oprócz tego istnieją oleje, które parują w określonym przedziale czasowym i pozostawiają na powierzchni mniej lub więcej resztek po sobie. Powtarzalny pomiar właściwości parowania powinien być interesujący dla producentów mających do czynienia z tymi produktami olejowymi.

2 Zasada działania SPE CTRO-M-10-MIR

W przypadku systemu pomiarowego Inline chodzi w pierwszym rzędzie o przydatność procesu mierzenia bezdotykowego. Jest sprawą oczywistą, że czas konieczny do ustalenia mierzonej wartości musi korelować z czasem dotarcia elementu. System pomiarowy powinien posiadać sztywną i zwartą konstrukcję, jak również dysponować kilkoma złączami szeregowymi, dzięki czemu dane pomiaru mogą być dostarczane w czasie rzeczywistym do nadrzędnego systemu kontroli lub do SPS.

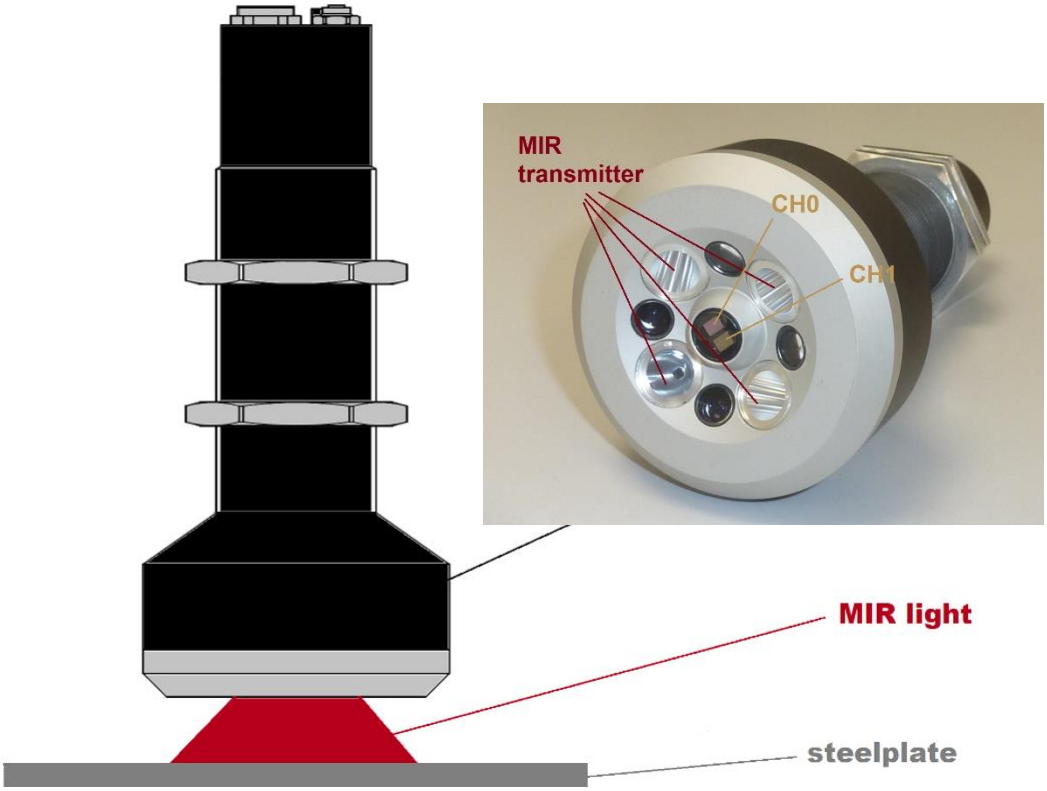
W przypadku **SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)** chodzi o czujnik, który wyposażony jest w relatywnie szerokopasmowe światło w zakresie MIR. Po stronie odbiornika do dyspozycji znajdują się dwa okna pomiarowe (zakresy długości fal), które są porównywany ze sobą w sposób znormalizowany. Jedno z tych okien służy jako referencyj-

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

ne i w pierwszym przybliżeniu zachowuje się neutralnie w stosunku do olejów, podczas gdy w drugim można stwierdzić absorpcję wywołaną obecnością oleju. Z pomocą dostarczonego Windows®-Software **SPECTRO MIR Scope V1.0** można przeprowadzić parametryzację czujnika, pomiary testowe oraz dokonywać zapisu mierzonych wartości. W trybie pracy Inline zastosowane został program Monitoring Software, za pomocą którego można wyświetlić na ekranie aktualne wartości uzyskane w trakcie pomiaru lub zapisać dane w plikach ASCII.

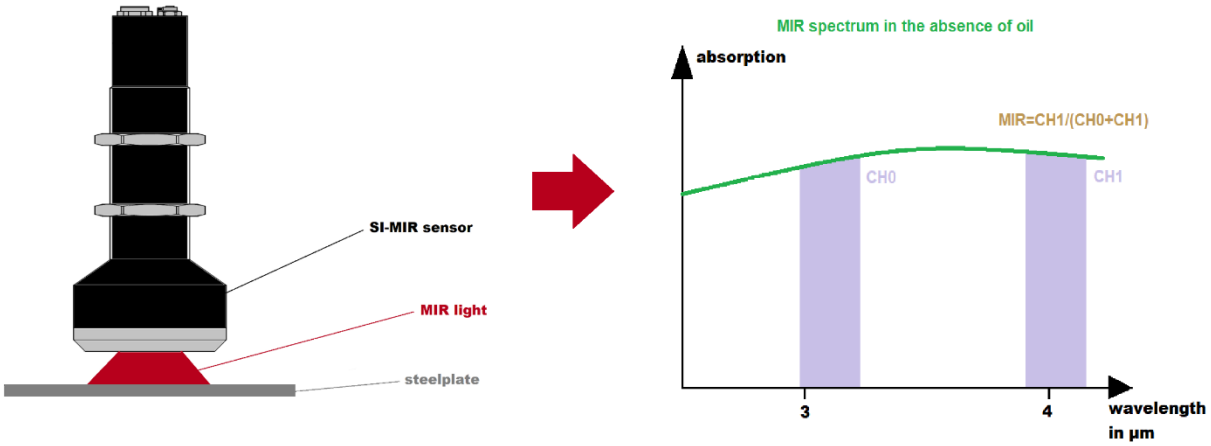
W trakcie prac związanych z opracowaniem SPECTRO-M-MIR zostały przetestowane różne oleje do tłoczenia i ciągnienia z zastosowaniem naszych czujników optycznych. Przy tym analizowaliśmy i porównywaliśmy efekty pomiaru w zakresie UVC (255 nm, SPECTRO-1-UVC) oraz fluorescencję UVA (SPECTRO-3-UV) i także absorpcję w obszarze MIR (5µm).

Wszystkie gatunki olejów do tłocznia i ciągnienia mogły być badane w zakresie MIR. Dla SPECTRO-M-10-MIR zostało utworzone okno pomiarowe pomiędzy 3 µm a 4 µm stanowiące optymalny spektralny zakres roboczy. Porównawcza procedura dwóch zakresów spektralnych przedstawia znormalizowane wyniki pomiaru MIR, w których właściwości odbijania promieni powierzchni stykowej mogą być w dużym stopniu kompensowane. Ponieważ rożne oleje wykazują silnie zróżnicowana absorpcję MIR, konieczne jest przeprowadzenie wzorcowania na absolutnie czystej powierzchni (MIRref). Jeżeli zachodzi potrzeba przeliczenia zmierzonych wielkości na jednostki zastosowane w systemie odniesienia, na przykład wartości napięcia powierzchniowego otrzymane metodą tuszu testowego w mN/m, należy przeprowadzić odpowiednie wzorcowanie referencyjne (CONVERSION). Na następujących szkicach przedstawiony jest zasadniczy sposób pracy układu sensorycznego MIR:



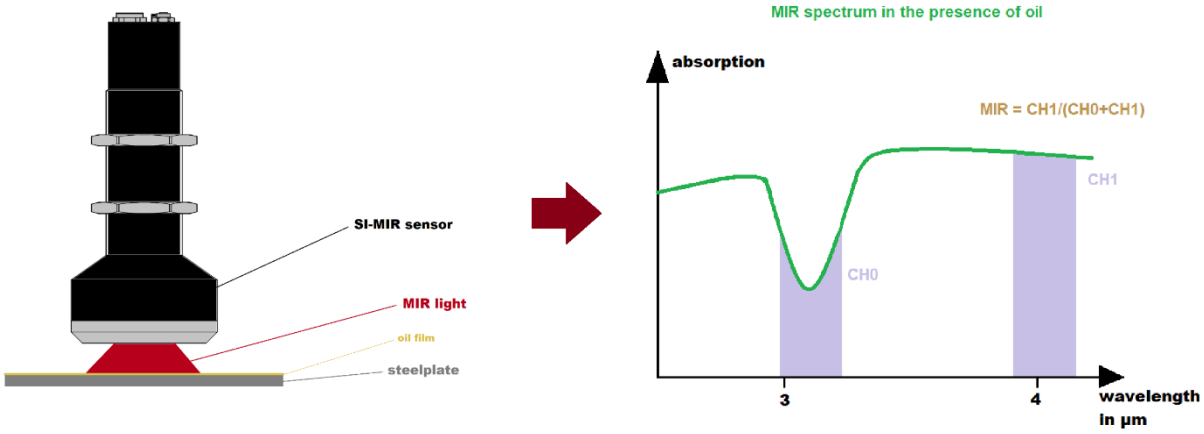
Szerokopasmowe nadajniki MIR obejmują obydwa okna pomiarowe CH0 i CH1 w wymaganym zakresie widmowym. Część światła odbitego od powierzchni metalu trafia do obydwóch okien pomiarowych. Jedno z nich (CH0) reaguje na film olejowy, podczas gdy drugie (CH1) prawie nie wykazuje jego obecności (okno odniesienia). Przy pomocy analizy znormalizowanej otrzymuje się wartość mierzoną niezależną od intensywności:

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

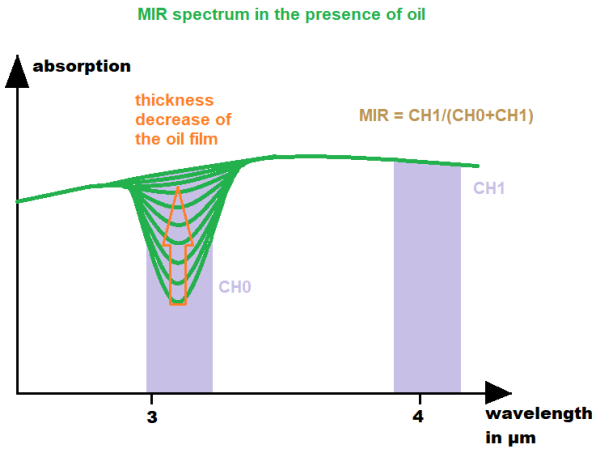


MIR = CH1/(CH0+CH1)

Na ilustracji powyżej na metalowej powierzchni nie znajduje się żaden film olejowy. Obydwa okna pomiarowe emitują mniej więcej jednakowy poziom sygnału (wartość znormalizowana = MIRref). Na następującym szkicu poziom sygnału prawidłowo występuje w oknie CH0, co powoduje przesunięcie znormalizowanej wartości MIR.



Im grubsza warstwa oleju, tym częściej występuje przerwanie sygnału w oknie CH0:

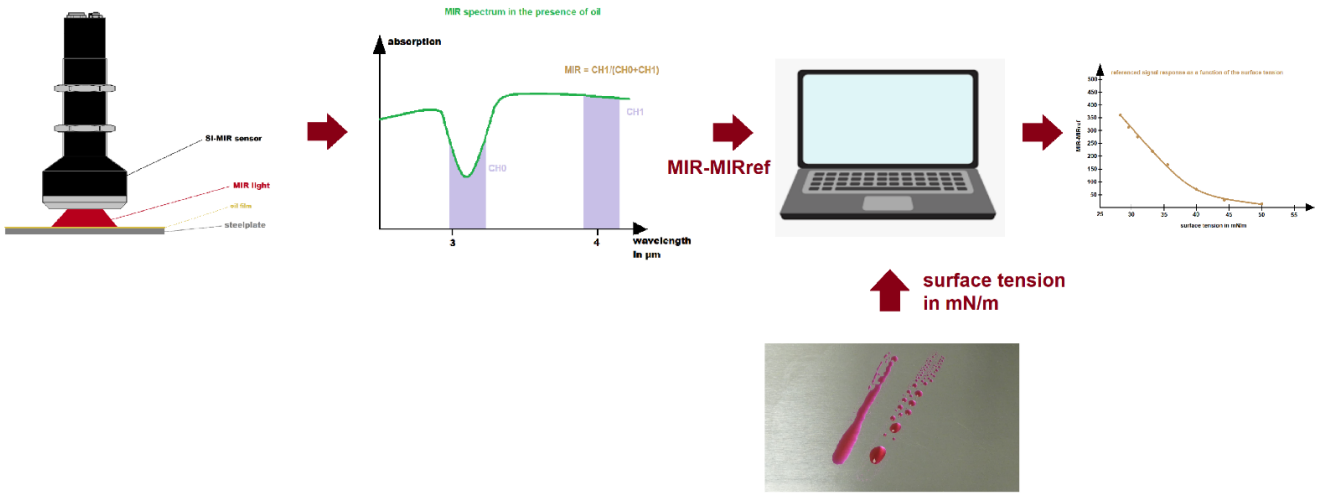


Na podstawie widoku obydwóch sygnałów można ustalić znormalizowaną wartość MIR = CH1/(CH0+CH1), która przedstawia obydwa kanały. Ta znormalizowana wartość jest najpierw wielkością własną, która ustalona jest na podstawie parametrów czujnika, oleju i metalowej powierzchni. Za pomocą oprogramowania czujnika istnieje możliwość skorelowania znormalizowanej wartości z procesem pomiaru referencyjnego oraz edytowania jej jako „wzorcowanej wartości mierzonej" w formacie referencyjnym.

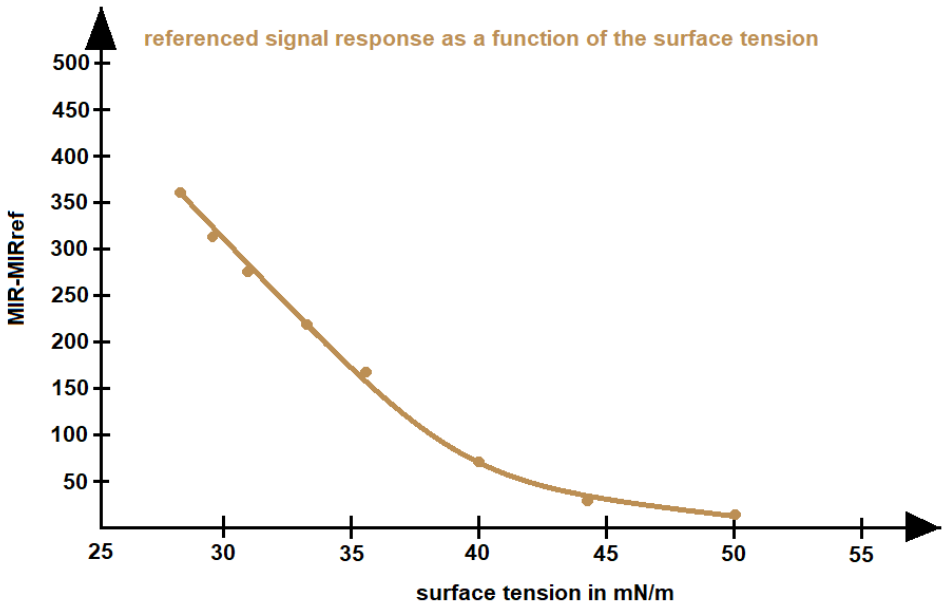
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Przykład: Metoda tuszu czerwonego (mN/m) jako przykład wzorcowania systemu referencyjnego:

Aby do złącza szeregowego czujnika nie mogła zostać przekazana znormalizowana wartość (MIR) lecz wielkość napięcia powierzchniowego powierzchni metalowej z warstwą oleju, należy najpierw utworzyć związek odniesienia do metody tuszu testowego (wzorcowanie):

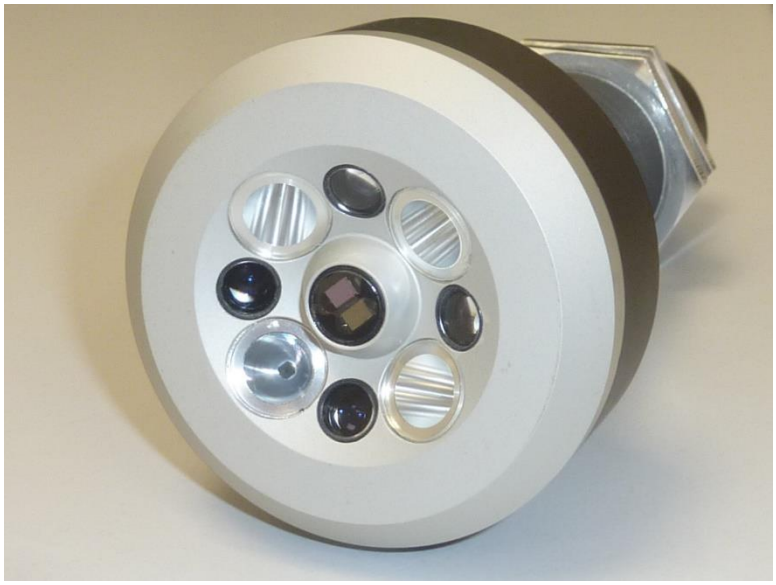


W tym celu należy odtłuścić część metalową przeznaczoną do badania, a następnie za pomocą czujnika MIR ustalić znormalizowaną wartość referencyjną (MIRref) i metodą tuszu testowego wyznaczyć wartość napięcia powierzchniowego w mN/m. Odtłuszczona część z metalu podlega takiej samej procedurze z tą różnicą, że w każdym przebiegu (wartość mierzona z obecnością oleju: MIR) zawsze nanoszona jest homogenicznie nieco bardziej spłaszczona warstwa oleju na odtłuszczony element (grubości warstw olejowych na podstawie doświadczenia wahają się w granicach 100 nm - 5 µm). Zmierzone wartości (MIR-MIRref) są umieszczane w tabeli, która znajduje zastosowanie w trwałej pamięci czujnika do celów przeliczeniowych. W formie graficznej występuje następująca zależność:



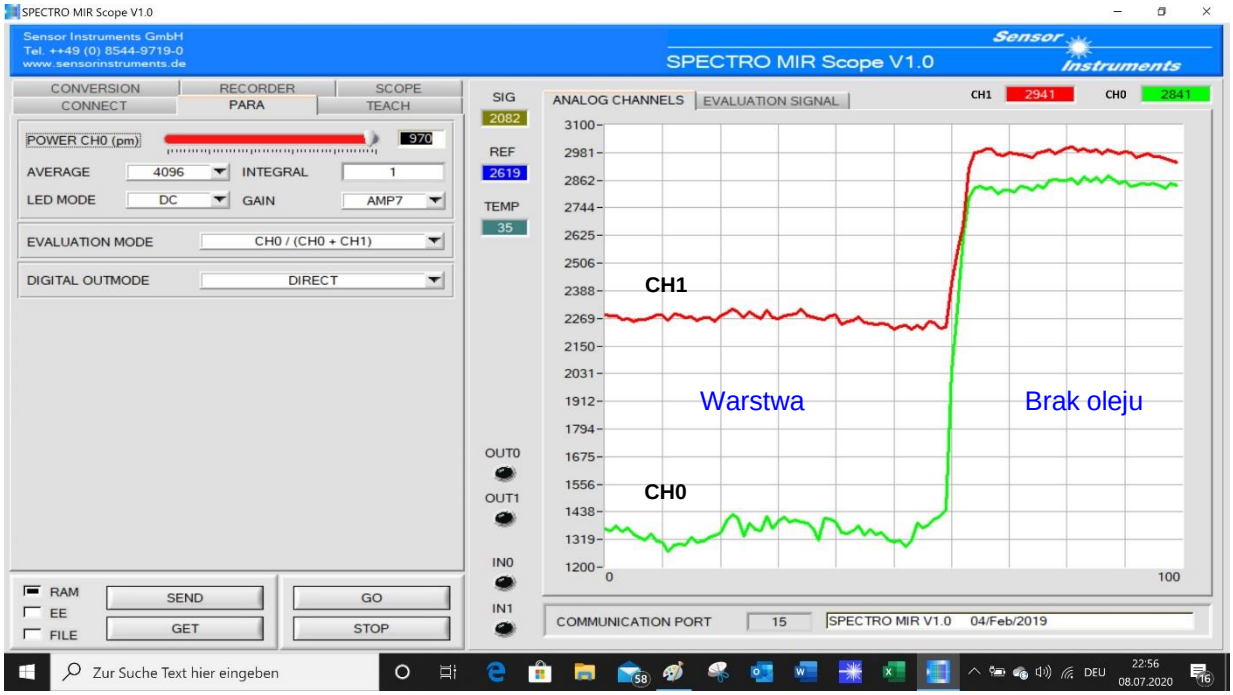
W celu wykonania pomiaru Offline w trakcie produkcji lub w laboratorium do dyspozycji znajduje się nasadzany odstępnik. Dzięki temu pomiar odbywa się w sposób ciągły. Roboczy odstęp układu sensorycznego od mierzonej powierzchni wynosi 10 mm.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) - Głowica czujnika

Nasadka Offline do pomiarów laboratoryjnych



SPECTRO MIR Scope - Windows®Software do konfiguracji czujnika, pomiarów testowych oraz wzorcowania czujnika do referencyjnych procesów mierzenia.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

3 Metody referencyjne do ustalenia napięcia powierzchniowego

3.1 Napięcie powierzchniowe i graniczne napięcie powierzchniowe

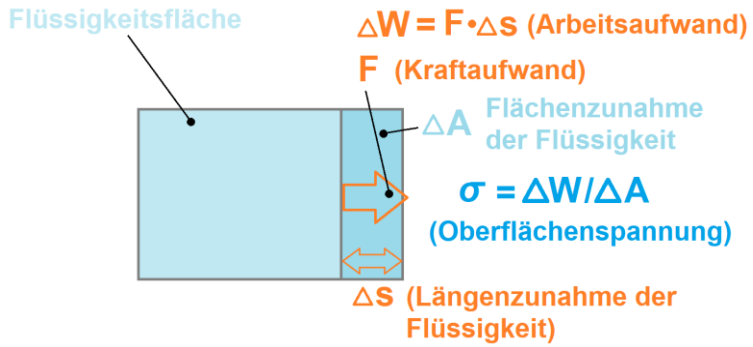
Dlaczego wiedza o napięciu powierzchniowym na metalu jest bardzo ważna w praktyce zastosowań produkcyjnych?
Popieramy to przykładem: Przed naniesieniem lakieru na cześć metalową musi nastąpić sprawdzenie wartości napięcia powierzchniowego. W przypadku, gdyby granica znajdowała się poniżej wartości napięcia, wystąpiłoby perlenie lakieru na powierzchni metalu.

Podobnie przy nanoszeniu zachowują się kleje i inne podobne produkty. Prawidłowa przyczepność występuje, jeśli napięcie powierzchniowe metalu jest większe od kleju lub naniesionego materiału.

Jak definiowane jest napięcie powierzchniowe?

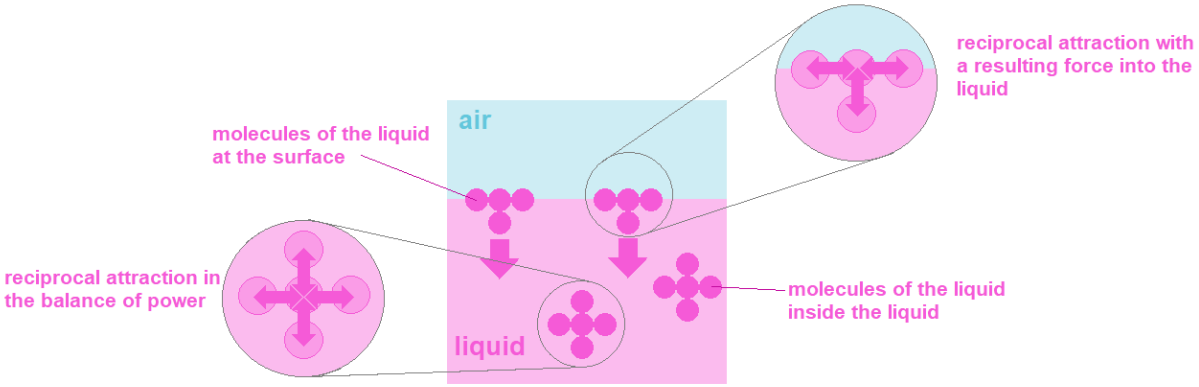
Aby powiększyć powierzchnię cieczy, konieczne jest zastosowanie określonej siły. W tym celu musi być wniesiony pewien wkład pracy. Napięciem powierzchniowym oznacza się stosunek wykonanej pracy, która musi być wykonana dla zwiększenia powierzchni (przyrost powierzchni cieczy), i która powstaje w efekcie wniesionego dodatkowego nakładu:

$\sigma = \Delta W/\Delta A$ (jednostka SI: N/m)



W wyniku istnienia napięcia powierzchniowego ciecze nabierają skłonności do minimalizacji swojej powierzchni, co w następstwie prowadzi do tworzenia kształtu sferycznego (kula posiada najmniejszą powierzchnię spośród wszystkich brył o tej samej objętości).

Co to jest graniczne napięcie powierzchniowe?

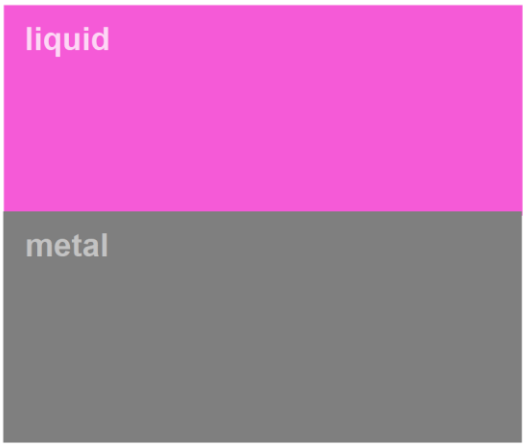


Wewnątrz cieczy wszystkie molekuły są otoczone w jednakowym stopniu przez współistniejące inne molekuły, w wyniku czego między nimi powstają określone siły przyciągające. Z uwagi na symetryczny podział istniejących sił przyciągania na brzegu cieczy (granica faz) powstaje pewna siła, która skierowana jest do jej środka.

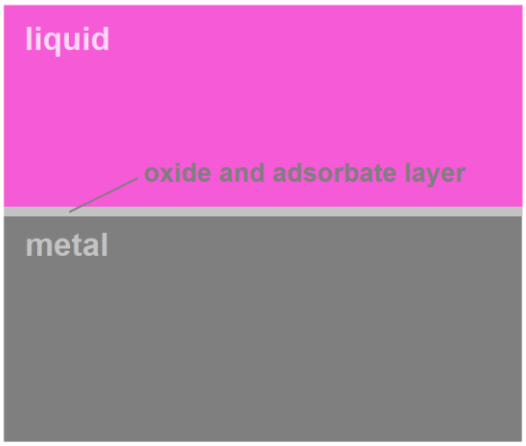
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Z tego względu napięcie powierzchniowe oznacza się także jako graniczne. Określenie graniczne napięcie powierzchniowe stosuje się przy przejściu cieczy do jakiegoś innego podłoża, chodzi tutaj np. o powierzchnię metalową, podczas gdy o napięciu powierzchniowym mówi się przy przechodzeniu cieczy do powietrza.

Przejście powietrze / ciecz: tutaj wykorzystywany jest pojęcie napięcia powierzchniowego



Przejście ciecz / metal: zachodzące procesy określa się w tym przypadku jako graniczne napięcie powierzchniowe



W przypadku tego przejścia (ciecz / metal) należy zauważyć, że ściśle biorąc chodzi tutaj o przechodzenie warstwy tlenku lub adsorpcyjnej (dwutlenek węgla i węglowodory) na powierzchni metalu do cieczy.

Czym jest zwilżalność powierzchni metalowych?

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Miarą zwilżalności powierzchni metalowej przez naniesioną ciecz (przykładowo w formie kropli lub przez rozprowadzenie pędzlem) jest kąt Θ powstający na styku dwóch faz. Zwilżalność powierzchni rośnie z malejącym kątem Θ.

Proces zwilżania opisuje równanie Younga:

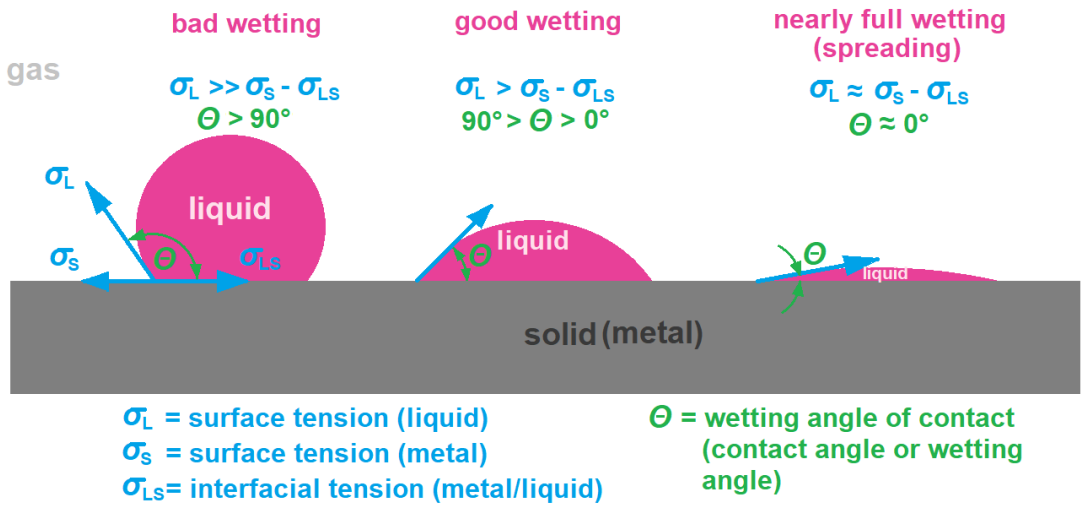
$\cos \Theta = (\sigma_S - \sigma LS)/\sigma L$

przy czym

σ_L = napięcie powierzchniowe cieczy

σ_S = napięcie powierzchniowe metalu

σ_{LS} = napięcie powierzchniowe na granicy między metalem a cieczą



Θ = kąt na granicy fazy (kąt styku lub kąt zwilżania) cieczy na metalu

Samoczynne rozchodzenie się cieczy na powierzchni metalowej (rozpływanie się oleju naniesionego pędzlem lub kropli jest określane także jako rozprzestrzenianie się) jest uzyskiwane przy kącie Θ = 0° (co odpowiada cos Θ =1). Dla równania Younga zachodzi w tym przypadku: $\sigma_L = \sigma_S - \sigma_{LS}$ przy tym $\sigma_{LS} << \sigma_S$, dla cieczy, które mają nawilżać powierzchnię metalu, obowiązuje: $\sigma_L < \sigma_S$. Skutkiem tego powstaje następująca zależność: jeżeli napięcie powierzchniowe cieczy jest mniejsze aniżeli napięcie powierzchniowe metalu, następuje jego zwilżenie, jeżeli natomiast napięcie powierzchniowe cieczy jest większe od napięcia powierzchniowego metalu, wówczas zwilżenie nie zachodzi.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

3.2 Ustalenie napięcia powierzchniowego przez pomiar kata styku

Wartości napięcia powierzchniowego podane w literaturze fachowej odnoszą się przede wszystkim do metali w stanie płynnym w pobliżu temperatury topnienia. Tymczasem do ustalenia zwilżania istotne jest napięcie powierzchniowe powierzchni metalowych pokrytych warstwami tlenków lub adsorpcyjnymi w temperaturze otoczenia.

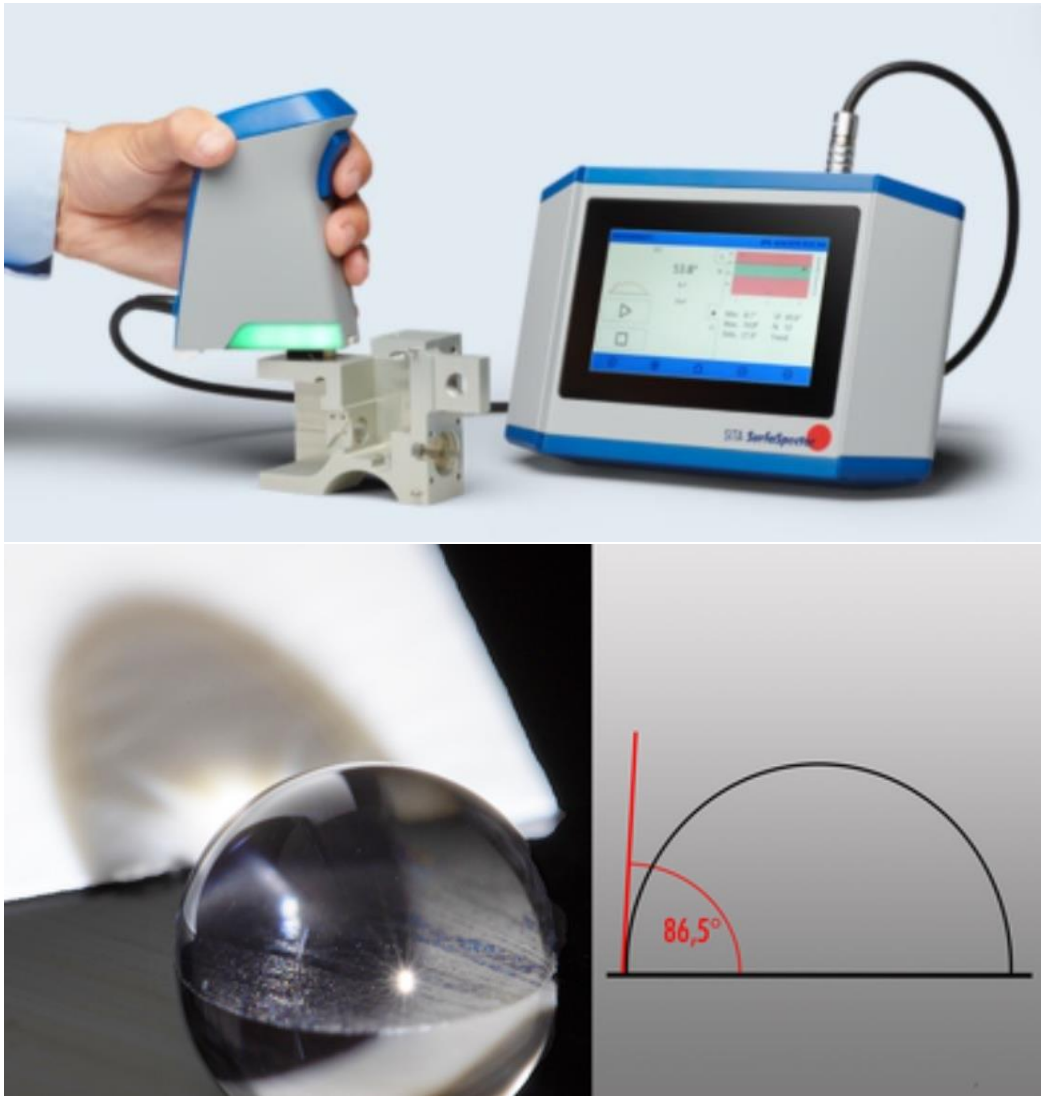
Metodą pomiaru dla miejscowego określenia napięcia powierzchniowego powierzchni metalowych jest pomiar kąta styku. W tym celu kropla cieczy o znanym napięciu powierzchniowym jest wprowadzana na metal i optycznie oceniany jest kąt na granicy fazy kropli.

Do wykonania tych zadań dostępne są różne przyrządy pomiarowe. Wartość napięcia powierzchniowego (wolna energia powierzchniowa) może zostać ustalona na przykład za pomocą Mobile Surface Analyzer – MSA firmy KRÜSS GmbH www.kruss-scientific.com. W tym przypadku na badaną powierzchnię naniesione zostają dwie krople dwóch różnych cieczy (o różnym napięciu powierzchniowym) i poprzez wyznaczenia kąta na granicy faz możliwe staje się ustalenie napięcia powierzchniowego metalu.

Copyright: Krüss GmbH

Jako kolejnego oferenta należałoby wskazać firmę SITA Messtechnik GmbH www.sita-process.com. SITA dostarcza system pomiarowy do „szybkiej oceny zwilżalności w procesie wytwarzania przez pomiar kąta na granicy faz". W przypadku SITA SurfaSpector jest to przyrząd do ręcznego pomiaru zwilżalności powierzchni metalowych przykładowo przed i po obróbce albo po czyszczeniu. W tej metodzie na powierzchnię przeznaczoną do badania nanoszona jest za pomocą przyrządu dozującego znajdującego się w głowicy czujnika jedna kropla (1 µl) wody o wysokiej czystości. Za pomocą kamery o wysokiej rozdzielczości na front-end czujnika następuje zapisanie konturu kropli, na podstawie którego można z kolei wyznaczyć kąt występujący na granicy faz.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

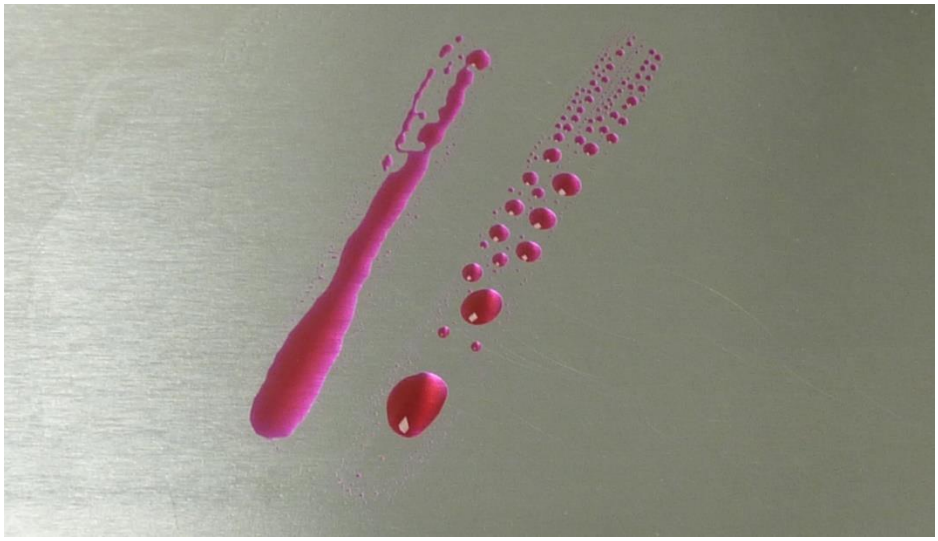


Źródło: SITA Messtechnik GmbH

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

3.3 Ustalenie napięcia powierzchniowego metodą tuszu testowego

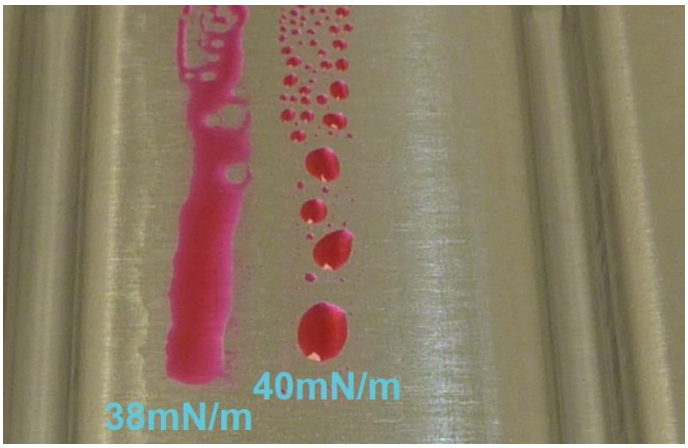
Kolejnym sposobem za pomocą której można ustalić napięcie powierzchniowe metali w temperaturze otoczenia jest szeroko stosowana metoda tzw. tuszu testowego. W tym przypadku tusz testowy o ustalonym napięciu powierzchniowym nanoszony jest za pomocą pędzla na badany metal. Jeżeli tusz zwilża powierzchnię metalu, wówczas jego napięcie powierzchniowe (graniczne napięcie powierzchniowe) odpowiada wartości tuszu lub znajduje się nawet powyżej. Jeżeli natomiast tusz testowy perli się, wówczas napięcie (graniczne napięcie powierzchniowe) jest mniejsze od napięcia powierzchniowego tuszu.



Tusze testowe dostarczane są na przykład przez firmę arcotest GmbH www.arcotest.info. Tusze testowe PINK występują w zakresie napięć powierzchniowych w granicach od 22 mN/m do 60 mN/m, wrastając co 2 mN/m.

Podkreślono powyżej, że zdefiniowane napięcie powierzchniowe substratu jest ważnym czynnikiem w procesach nanoszenia różnego rodzaju warstw. Powstaje pytanie, co stanowi przyczynę zbyt niskiej wartości napięcia powierzchniowego na metalu?

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Jak już wspomniano wyżej, że w przypadku powierzchni metalowej w praktyce chodzi właściwie o warstwę tlenków i adsorpcyjną. Atomy tlenu i węgla są związane na powierzchni metalu. Pomiary mają wykazać, że odtłuszczona chemicznie powierzchnia metalowa (a ściślej powierzchnia tlenków metali i adsorpcyjna) przyjmuje wartość napięcia powierzchniowego > 60 mN/m. Jeżeli weźmie się pod uwagę części tłoczone, które, co jest uwarunkowane procesem obróbki plastycznej, zwilżane są olejem, a następnie czyszczone w urządzeniu dostępnym w handlu, dochodzi się do wartości napięcia powierzchniowego tego elementu wynoszącego ok. 38 mN/m, a w pojedynczych przypadkach do ok. 44 mN/m. - Przed procesem czyszczenia wartość napięcia powierzchniowego na metalowej części tłoczonej w zależności od zastosowanego oleju nie przekracza z reguły granicy 30 mN/m. –

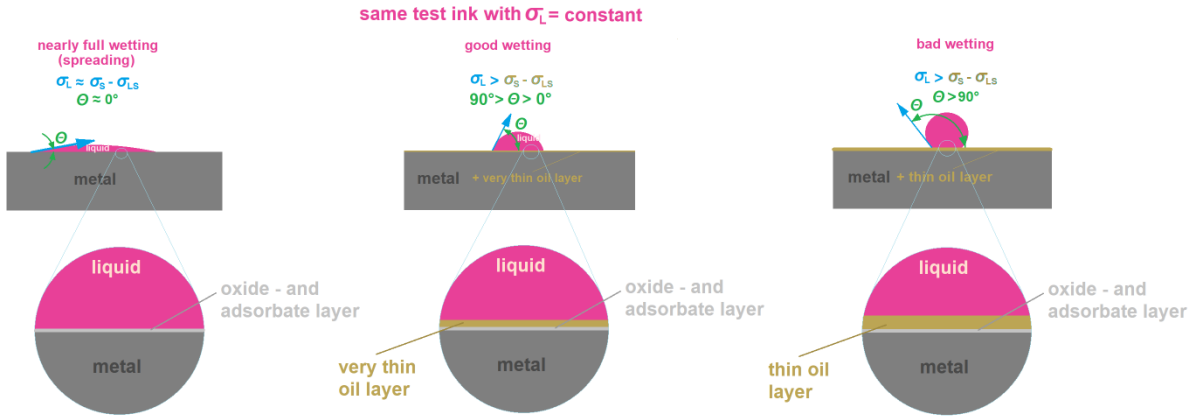
Właśnie w przypadku części tłoczników i przed wszystkim w częściach mających styczność z innymi występuje duża wartość napięcia powierzchniowego (> 38 mN/m), ponieważ to wskazuje na udział pozostałości resztek oleju na powierzchni metalu. Przez udział pozostałości oleju następuje zwiększenie oporności przejścia styku, co może być przyczyną zmniejszenia wydajności w procesie tłoczenia.

Za pomocą dwóch tuszy testowych (38 mN/m oraz 40 mN/m) można wykazać, że w przypadku powierzchni stykowej wartość napięcia powierzchniowego przebiega w granicach 38mN/m a 40 mN/m.

Przy zastosowaniu tuszu testowego 40 mN/m nie występuje prawidłowe zwilżanie, kąt Θ odbiega znacznie od 0°, podczas gdy przy wartości 38 mN/m uzyskiwano prawie pełne rozprzestrzenianie się.

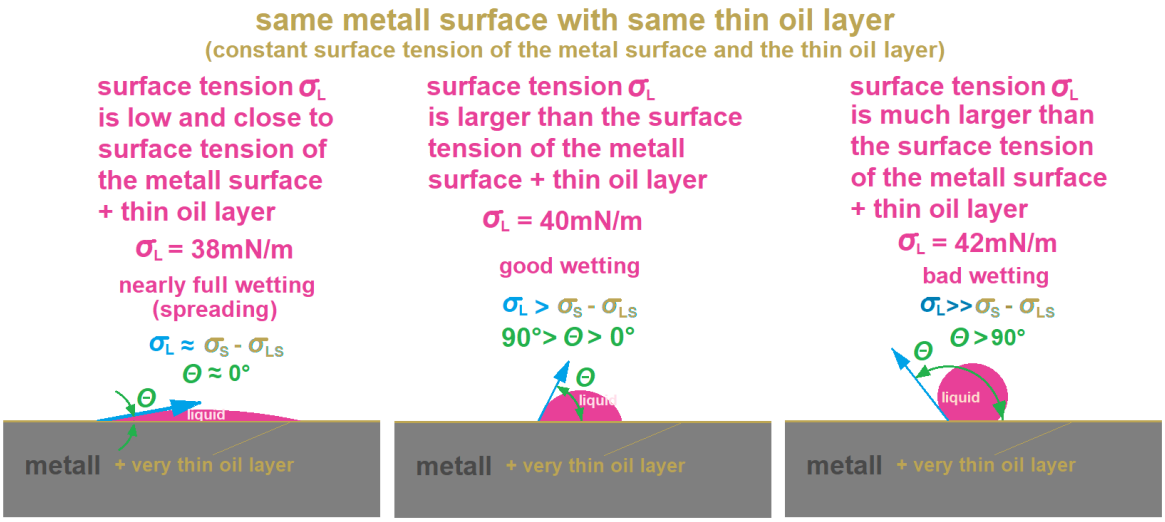
Na następującym wykresie przedstawione jest schematycznie, w jaki sposób na skutek zwiększającej się grubości warstwy oleju zmniejsza się powierzchnia styku (tutaj jest sprawdzane to przy zastosowaniu tego samego tuszu testowego):

Zwilżanie powierzchni styku zmniejsza się wraz z rosnącą grubością warstwy oleju.



W celu ustalenia napięcia powierzchniowego powierzchni styku stosowany jest szereg tuszy testowych o różnym napięciu powierzchniowym. Jeżeli napięcie powierzchniowe części stykowej posiada przy tym wartość co najmniej 38 mN/m, można rozpocząć proces badania przykładowo z tuszem testowym o takiej samej wartości napięcia powierzchniowego: tusz 38 mN/m powoduje zwilżanie, tusz 40 mN/m nie zwilża prawidłowo, tusz 42 mN/m perli się na powierzchni styku.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Metoda tuszu testowego jest najprostszą i w praktyce szybką w realizacji procedurą kontroli, która może być wykorzystywana do sprawdzania metodą wyrywkową. Wskazanym byłoby jednakże uzyskanie w bezpośredni sposób informacji o grubości warstwy pozostałości oleju, co w przeszłości w praktyce okazywało się bardzo trudnym zadaniem.

W międzyczasie pozytywną ocenę w środowisku przemysłowym uzyskała metoda tuszu testowego do kontroli obecności cieńszych warstw oleju.

Jest to także przyczyną, dlaczego zastosowaliśmy w kolejnych pomiarach metodę tuszu testowego jako referencyjną.

3.4 Metoda referencyjna i pomiar Inline

W przypadku przedstawionych metod referencyjnych służących do ustalenia napięcia powierzchniowego chodzi o procesy kontroli, w trakcie których pobierane są pojedyncze próbki losowe z bieżącej produkcji, które reprezentują jakość powierzchni dla całej partii wyrobów. Te metody testowania stosowane są często w ramach kontroli jakości laboratoryjnej lub At-line.

W coraz większym stopniu dąży się jednakże do 100% kontroli wytwarzanych części, przez co proces pomiaru Inline staje się koniecznością.

W idealnym przypadku metoda Inline przedstawiałaby mierzone wartości, które byłyby porównywalne ze znanymi procesami referencyjnymi, np. z metodą tuszu testowego. Na przykład system pomiarowy Inline powinien wyświetlić wartości napięcia powierzchniowego dla elementu konstrukcyjnego w mN/m.

Czujniki Inline SPECTRO-M posiadają funkcję wzorcowania (CONVERSION), dzięki której wewnętrzne wartości MIR mogą zostać przeliczone na wartości systemu Offline (metoda tuszu testowego).

4 Zakresy stosowania czujników SPECTRO-M

Z zasady wszystkie związki organiczne, np. polimery, oleje, ..., wykazują obecność absorpcji wibracyjnej w zakresie MIR. Jednakże każdy proces MIR natrafia na swoje granice, jeżeli warstwa organiczna posiada taką grubość, że absorbuje całą energię wzbudzenia i nie powstaje żaden użyteczny sygnał.

Poza tym system funkcjonuje bardzo sprawnie, jeżeli cienkie warstwy organiczne nanoszone są na substraty nieorganiczne, a więc takie, które nie wykazują żadnej absorpcji w zakresie MIR. Detekcja cienkich warstw olejowych na metalach (w trakcie ich obróbki, a zwłaszcza w procesie tłoczenia) jest odpowiednio predestynowana do zastosowania procesu pomiarowego MIR.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Czujniki rodziny SPECTRO-M są szczególnie przydatne do następujących zastosowań:

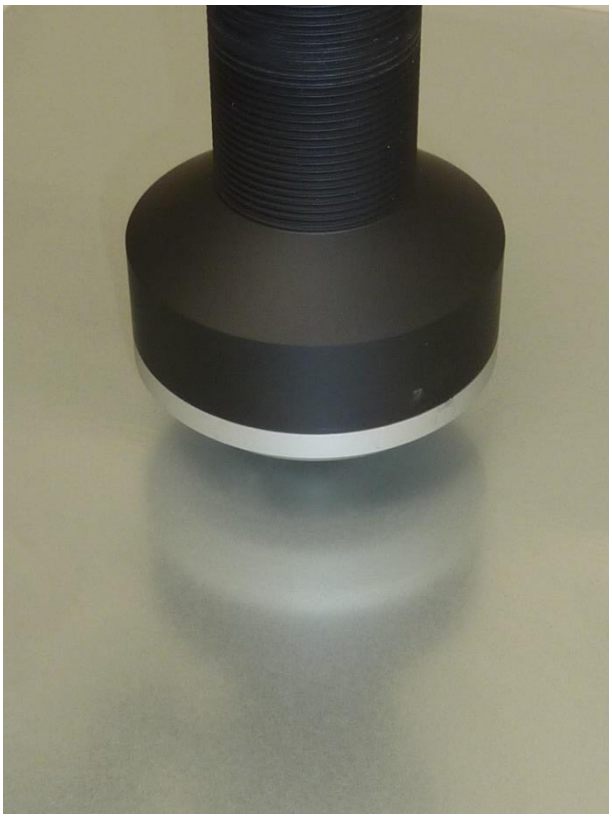
- kontrola Inline napięcia powierzchniowego powierzchni metalowych po czyszczeniu,
- kontrola Inline grubości warstwy cienkich filmów olejowych na powierzchniach metalowych,
- analiza laboratoryjna parowania olejów na metalach oraz ustalenie ich pozostałości.

W kolejnych rozdziałach opisane zostały nasze pomiary testowe z udziałem różnych produktów olejowych oraz zastosowana metodyka.

5 Pomiary testowe z zastosowaniem różnych olejów

5.1 Motywacja pomiaru warstw oleju na powierzchniach metalowych

W trakcie plastycznej obróbki metali konieczne jest zastosowanie olejów. Przykładowo oleje naniesione na taśmy metalowe zapewniają zmniejszenie zużycia tłoczników. Natomiast w procesach obróbki skrawaniem zastosowane oleje wydłużają czas pracy np. wierteł i frezów. Z kolei oleje służą do ochrony półproduktów przed korozją półproduktów wykonanych z blachy lub folii metalowych. Jednak po obróbce końcowej konieczne jest usunięcie pozostałości oleju z gotowych wyrobów w możliwie największym stopniu. Służą do tego specjalne urządzenia do czyszczenia, w których metalowe części są czyszczone i przedmuchiwane.



Aby przy nanoszeniu oleju zachować obowiązujące przepisy ochrony środowiska i wykorzystać ekonomiczne aspekty prowadzonych działań, zaleca się ustalenie ilości oleju przeznaczonego do realizacji produkcji. W przyszłości będzie można określić ilość oleju Inline w trakcie bieżącej produkcji. Często w tym celu stosowane są metody pomiaru fluorescencji UVA. Jednak nie wszystkie oleje wykazują wymagane właściwości fluorescencyjne a dodatkowe addycyjne UV powoduje zwiększenie kosztów.

Także kontrola jakości procesu czyszczenia może następować za pomocą układu sensorycznego. Wyzwaniem tutaj jest uchwycenie Inline w sposób nie budzący wątpliwości niewielkiej ilości resztek oleju. Pozostałości oleju obniżają napięcie powierzchniowe i zakłócają uruchomiony proces nakładania warstwy.

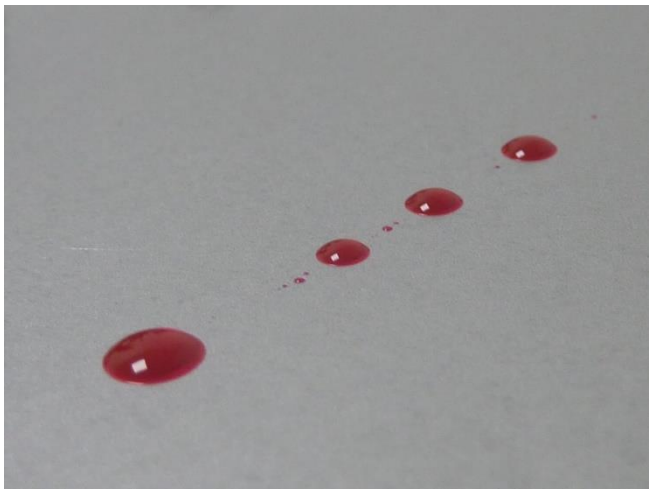
W przypadku komponentów przewodzących prąd elektryczny, np. szyny miedziane lub przewody wysokiego napięcia wymagany jest możliwie niewielki opór przejścia. Warstwa pozostałości oleju stanowiłaby pewien problem, ponieważ z tego powodu nie byłaby wykorzystywana moc w pełnym zakresie.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

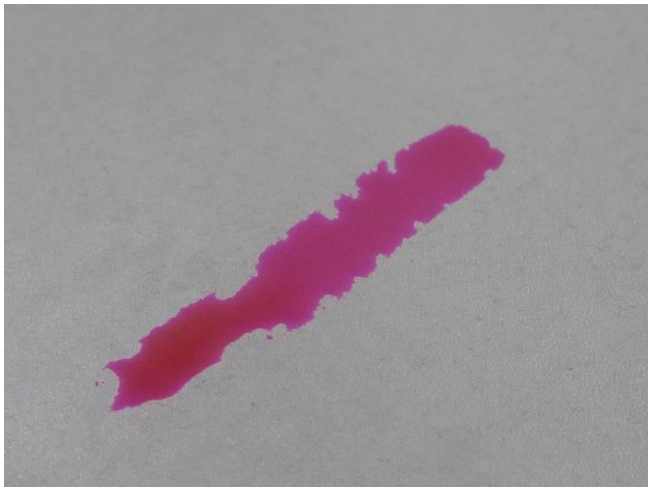
5.2 Metoda tuszu testowego - szeroko stosowany proces pomiaru referencyjnego w kontroli pozostałości oleju

W przypadku pomiaru warstw oleju w pierwszym rzędzie zwracana jest uwaga na jej określoną grubość mierzoną przykładowo w µm. Jedną z możliwości stanowiłoby wyznaczenie gramatury filmu olejowego. Aby to wykonać, należy ustalić ciężar całego elementu konstrukcyjnego. Precyzyjna waga oraz dokładnie identyczny element konstrukcyjny w stanie niezaoliwionym warunkują wiarygodne ustalenie różnicy ciężaru. Aby można było przenieść gramaturę na grubość warstwy, konieczne jest uzyskanie dodatkowej informacji o gęstości danego oleju oraz o powierzchni elementu konstrukcyjnego. Tutaj relatywnie duża różnica ciężaru między właściwą warstwą oleju a ciężarem elementu konstrukcyjnego przy dokładnym ustaleniu grubości warstwy nie jest akurat konieczna. Oprócz tego pojawia się kolejne źródło błędu, jakim jest różnica ciężaru obydwóch części konstrukcyjnych, co następuje w stanie nienaoliwionym.

Brak efektywnych i ekonomicznych możliwości pomiaru grubości warstwy pozostałości oleju staje się przyczyną, że w zastosowaniach praktycznych prosta metoda kontroli do ustalenia napięcia powierzchniowego na elementach metalowych cieszy się stale rosnącym zainteresowaniem. Obecność cienkiej warstwy oleju na metalowej powierzchni powoduje zmniejszenie napięcia powierzchniowego > 50 mN/m w stanie niezwilżonym do wartości 40 mN/m (w zależności od grubości warstwy i rodzaju oleju). Do potwierdzenia napięcia powierzchniowego służą tzw. tusze testowe, które pokrywają cały zakres od 30 mN/m do 50 mN/m wzrastając co dwie jednostki (30 mN/m, 32 mN/m, 34 mN/m, …). Tusz testowy nanoszony jest w miejscu przeznaczonym do badania za pomocą pędzla dostarczanego z opakowaniem. Jeżeli tusz perli się na powierzchni, należy zastosować w taki sam sposób najbliższy większy o jeden stopień większy w szeregu. Należy tak postępować, aż tusz w określonym czasie uzyska przyczepność do powierzchni i nie będzie się perlił. Napięcie powierzchniowe będzie znajdować się wówczas między dwoma ostatnio użytymi tuszami. Zasadą jest, że zmniejszanie się napięcia powierzchniowego idzie w parze ze wzrostem grubości warstwy olejowej.



Tusz testowy perli się na powierzchni metalowej zwilżonej olejem, co wskazuje, że napięcie powierzchniowe jest mniejsze aniżeli wartość wskazana dla tego tuszu.



Na tej ilustracji tusz testowy na powierzchni metalowej zwilżonej olejem, ale uprzednio odtłuszczonej, pozostaje przyczepiony. Napięcie powierzchniowe powierzchni metalowej jest związku z tym wyższe od wartości podanej dla tuszu.

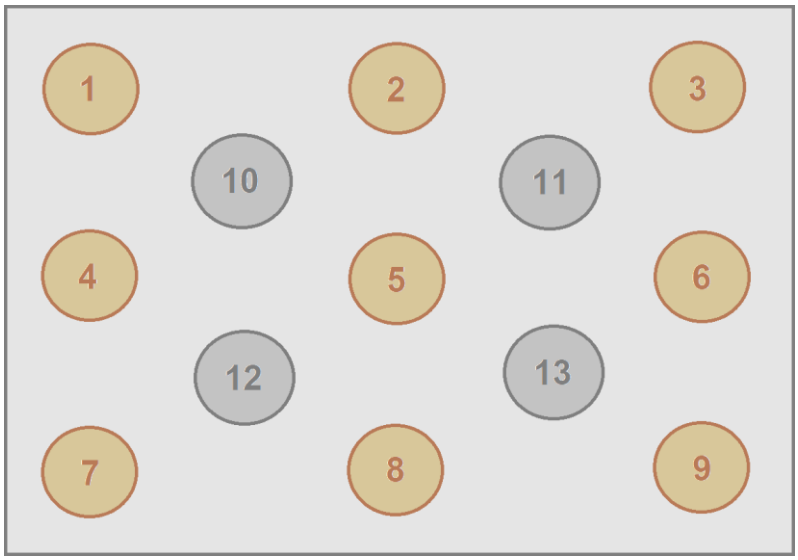
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

5.3 Układ pomiarowy i przyjęta metodyka

Do pomiarów laboratoryjnych SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) został wyposażony w odstępnik lub nasadkę Offline. (patrz w prawą stronę)

Za pomocą PC-Software SPECTRO MIR Scope v1.0 skonfigurowany został czujnik do przeprowadzania testów. Funkcja RECORDER umożliwiła zapisywanie wartości pomiarowych oraz ich eksport do programu Excel®, zostało wykorzystane do przygotowania danych.

Za obiekt pomiarowy posłużyła odtłuszczona płyta ze stali szlachetnej, na powierzchnię której nanoszony były różne grubości warstw (leżały one w granicach wymiarów od <1 µm do ok. 20 µm) tego samego oleju. Testowanie nastąpiło za pomocą zróżnicowanych ilości oleju (w sektorach 1,2,3: średnie ilości oleju, w sektorach 4,5,6: niewielkie ilości oleju i w sektorach 7,8,9: duże ilości oleju). Olej był rozprowadzany za pomocą ścierki jednorazowej na powierzchni o średnicy ok. 60 mm. Taki sam proces odbywał się we wszystkich wymienionych sektorach. Następnie w sektorach 2,3,5,6,8 oraz 9, na których rozprowadzono olej już wcześniej, czynność tą powtórzono, bez zmiany średnicy powierzchni w sektorze, używając do tego celu także jednorazowej ścierki. Ta czynność została wykonana kolejny raz w sektorach 3, 6 i 9.



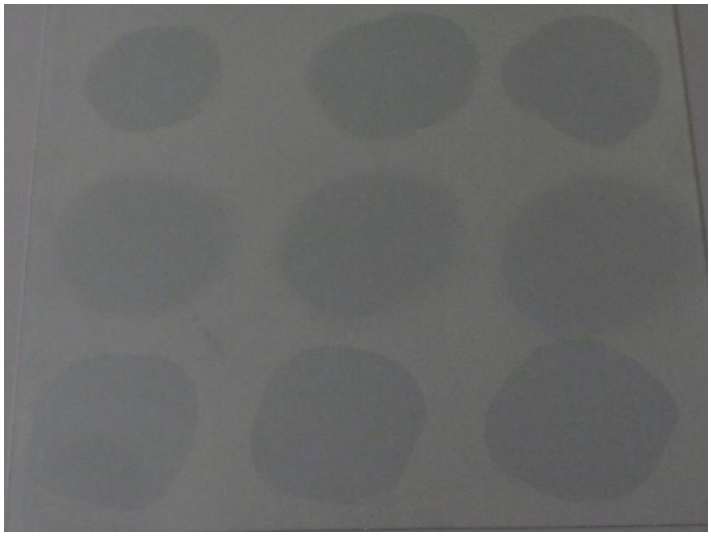
Wagi do blach próbnych:

1, 2 oraz 3: średnie grubości warstw (zmniejszające się od 1 do 3)

4, 5 oraz 6: małe grubości warstw (zmniejszające się od 4 do 6)

7, 8 oraz 9: duże grubości warstw (zmniejszające się od 7 do 9)

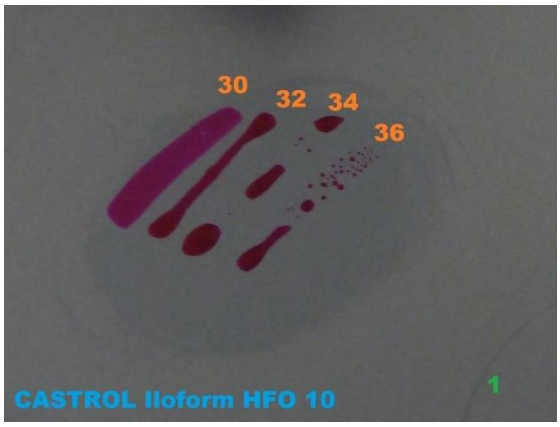
10, 11, 12 i 13: Sektory służące do pomiarów referencyjnych (bez naniesienia oleju).



Płyta ze stali szlachetnej z 9 różnymi sektorami. Po każdym teście wykonanym z określonym rodzajem oleju płyta metalowa była czyszczona z jego resztek (odtłuszczana). Na podstawie tego można było sprawdzić, czy olej z poprzedniego testu został usunięty z metalowej powierzchni. Pomiar następował także między poszczególnym nanoszeniem oleju (sektory 1-9). Te strefy oznaczone zostały jako sektory 10-13.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

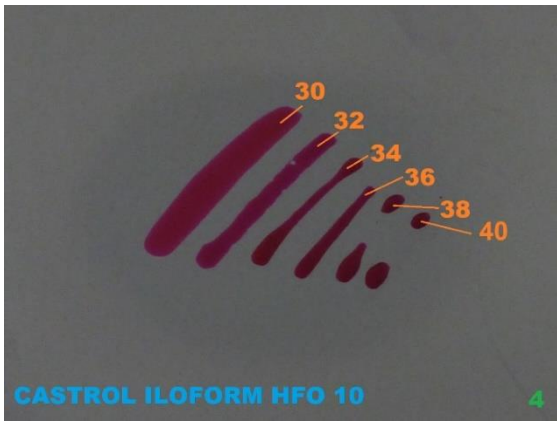
Jak zaznaczono na wstępie, badanie napięcia powierzchniowego metodą tuszu testowego w poszczególnych sektorach służy jako odniesienie do przeprowadzanych pomiarów. Napięcie powierzchniowe było ustalane za pomocą znajdujących się do dyspozycji tuszy testowych (od 30 mN/m do 50 mN/m) dla każdego rodzaju oleju. Następowało to po pomiarze z zastosowaniem różnych systemów czujników SI, ponieważ naniesiony tusz mógłby wpływać na optyczne wyniki mierzenia.



Próbka oleju: CASTROL Iloform HFO 10

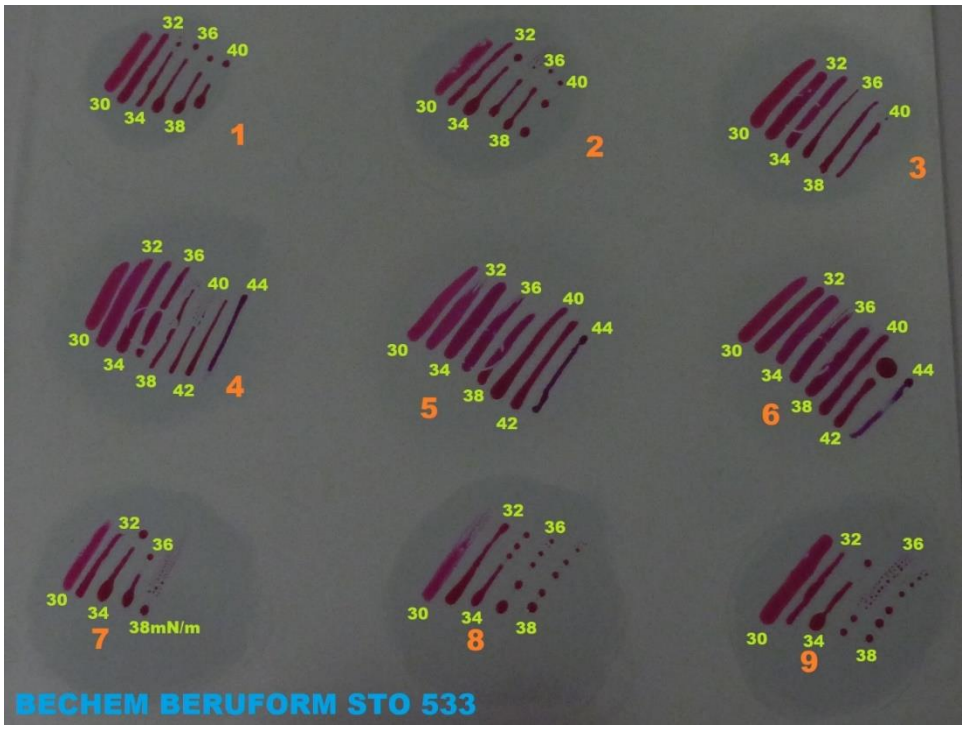
Tusze testowe: 30 mN/m, 32 mN/m, 34 mN/m oraz 36 mN/m

Sektor: 1



Próbka oleju: CASTROL Iloform HFO 10
Tusze testowe: 30 mN/m, 32 mN/m, 34 mN/m, 36 mN/m, 38 mN/m i 40 mN/m

Sektor: 4



Próbka oleju: BECHEM BERUFORM STO 533, zastosowane tusze testowe: 30 mN/m do 44 mN/m w 9 różnych sektorach

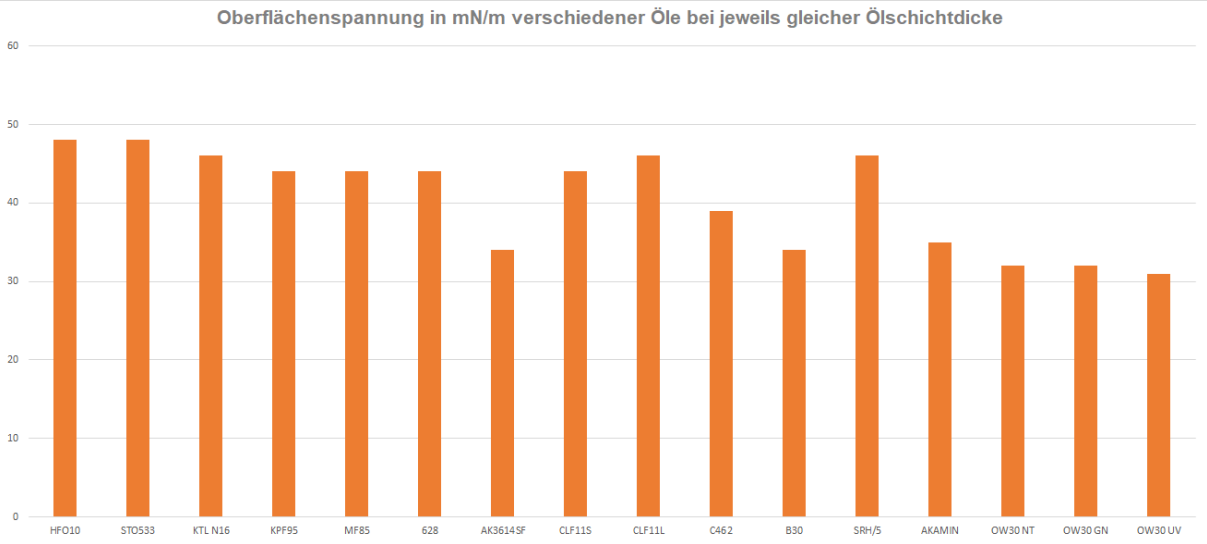
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

5.4 Lista testowanych typów olejów

Następujące oleje zostały poddane testowi:

- CASTROL HFO10
- BECHEM STO533
- Z+G KTL N16
- BECHEM KFP95
- BECHEM MF85
- WILKE 628
- WISURA AK3614SF
- RAZIOL CLF11S
- RAZIOL CLF11L
- TRUMPF C462
- TRUMPF B30
- TRUMPF SRH/5
- TRUMPF AKAMIN
- OW 30 NEUTRAL
- OW 30 0.01% GRÜN
- OW 30 0.01% UV-FARBE

Porównanie napięcia powierzchniowego różnych olejów przy jednakowej grubości warstwy



Podczas badania różnych olejów okazało się, że napięcie powierzchniowe przy prawie jednakowej grubości warstwy przyjmuje w zależności od danego oleju bardzo różne wartości:

Zostały porównane wartości napięcia w sektorze 6, a więc przy najmniejszych zastosowanych ilościach oleju (grubość warstwy <1µm). Bez znajomości oleju nie jest możliwe tworzenie zależności między napięciem powierzchniowym a grubością warstwy.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

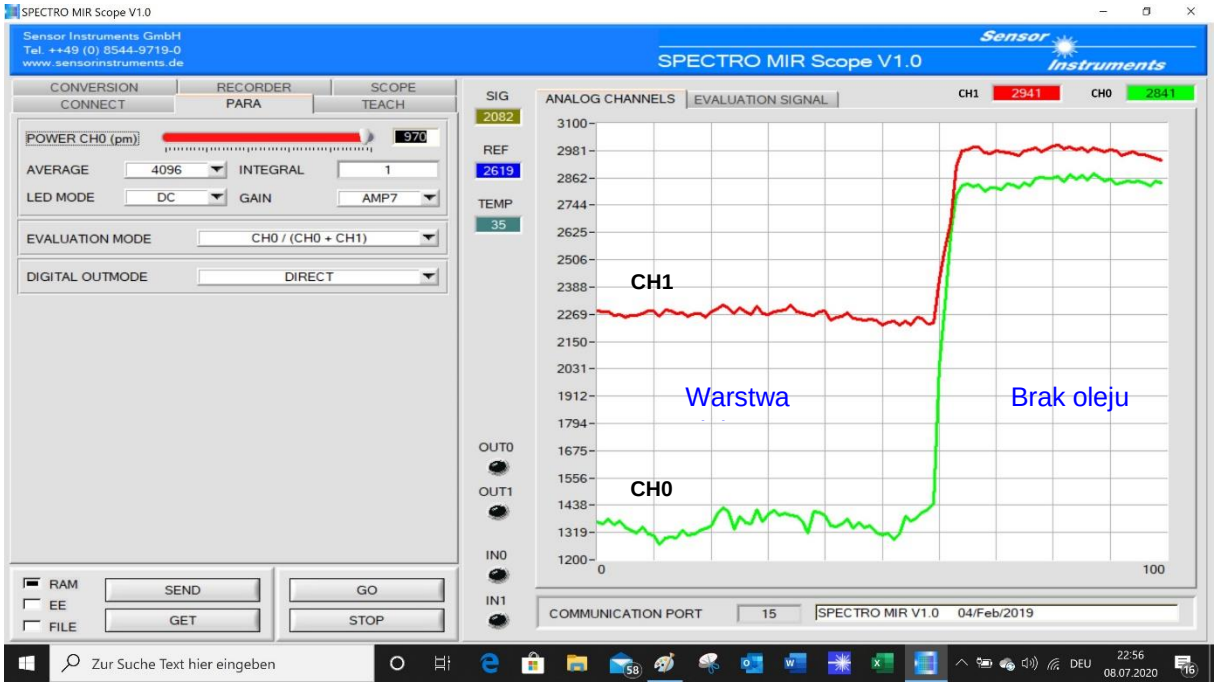
5.5 Sprawdzenie pozostałości oleju za pomocą SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)

5.5.1 Czujnik MIR i jego zastosowanie

Za pomocą **SPECTRO-M-10-MIR/(MIR/MIR1)** następował pomiar kolejno w miejscach 1-9 w odległości roboczej wynoszącej 10 mm. Pozycje 10-13 pozostawały jako strefy odniesienia. Znormalizowana wartość mierzona jest rezultatem opartym o ustalone wyniki uzyskane w obydwóch oknach w MIR –.

Podczas pomiarów utworzono połączenie z PC za pomocą dostępnego złącza szeregowego. Parametryzacja układu sensorycznego jak również wyświetlenie numerycznych oraz graficznych danych pomiarowych następowało poprzez program Windows® - Software **SPECTRO MIR Scope V1.0**.

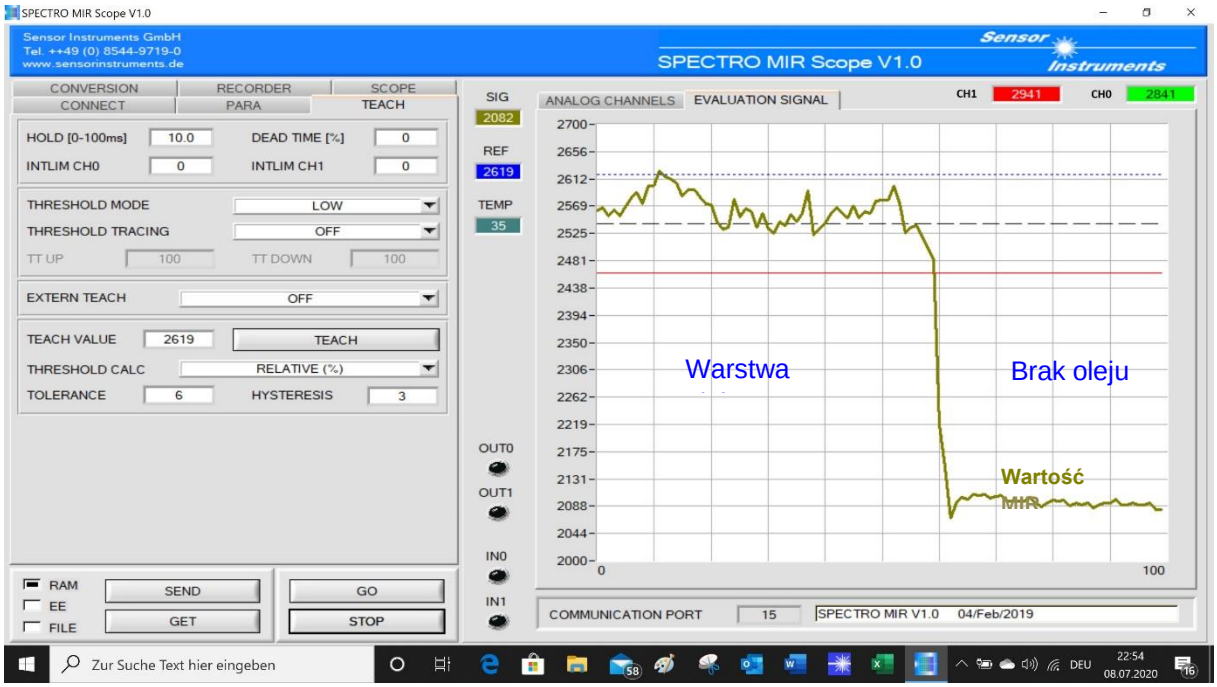
W oprogramowaniu poprzez można EVALUATION MODE można aktywować, w jaki sposób będzie tworzony sygnał standardowy: MIR = CH0/(CH=+CH1) lub MIR = CH1/(CH0+CH1)



Przez działanie warstwy oleju zmieniają się także optyczne właściwości powierzchni metalu. Powierzchnia staje się ciemniejsza i na skutek tego zmniejsza się także refleksja optyczna w obydwóch kanałach.

Oprócz wskazania obydwóch wartości mierzonych CH1 (wartość referencyjna przy 4 µm) i CH0 (wartość mierzona przy 3 µm) przedstawiany jest także znormalizowany SIG = wartość MIR = CH1/(CH0+CH1) x 4095.

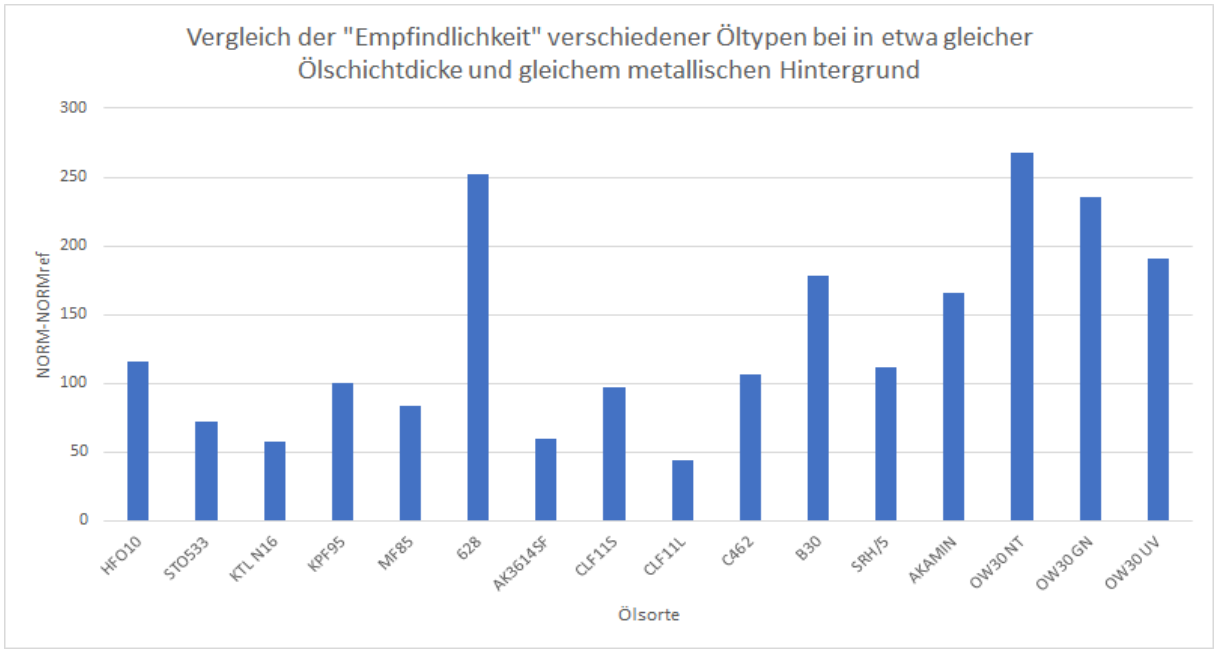
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Wskazanie znormalizowanej wartości MIR = SIG = CH1/(CH0+CH1)

Do pomiaru Inline można stosować także program PC „MIR Monitoring“. Osobie obsługującej urządzenie można w trakcie produkcji za pomocą wykresu słupkowego wyświetlać na monitorze PC aktualną sytuację dotyczącą jakości oraz przewidywany trend. Z kolei istnieje możliwość zapisywania danych pomiarowych w formacie ASCII i wprowadzania ich do pamięci, dzięki czemu można je analizować za pomocą programu kalkulacyjnego, np. Excel®.

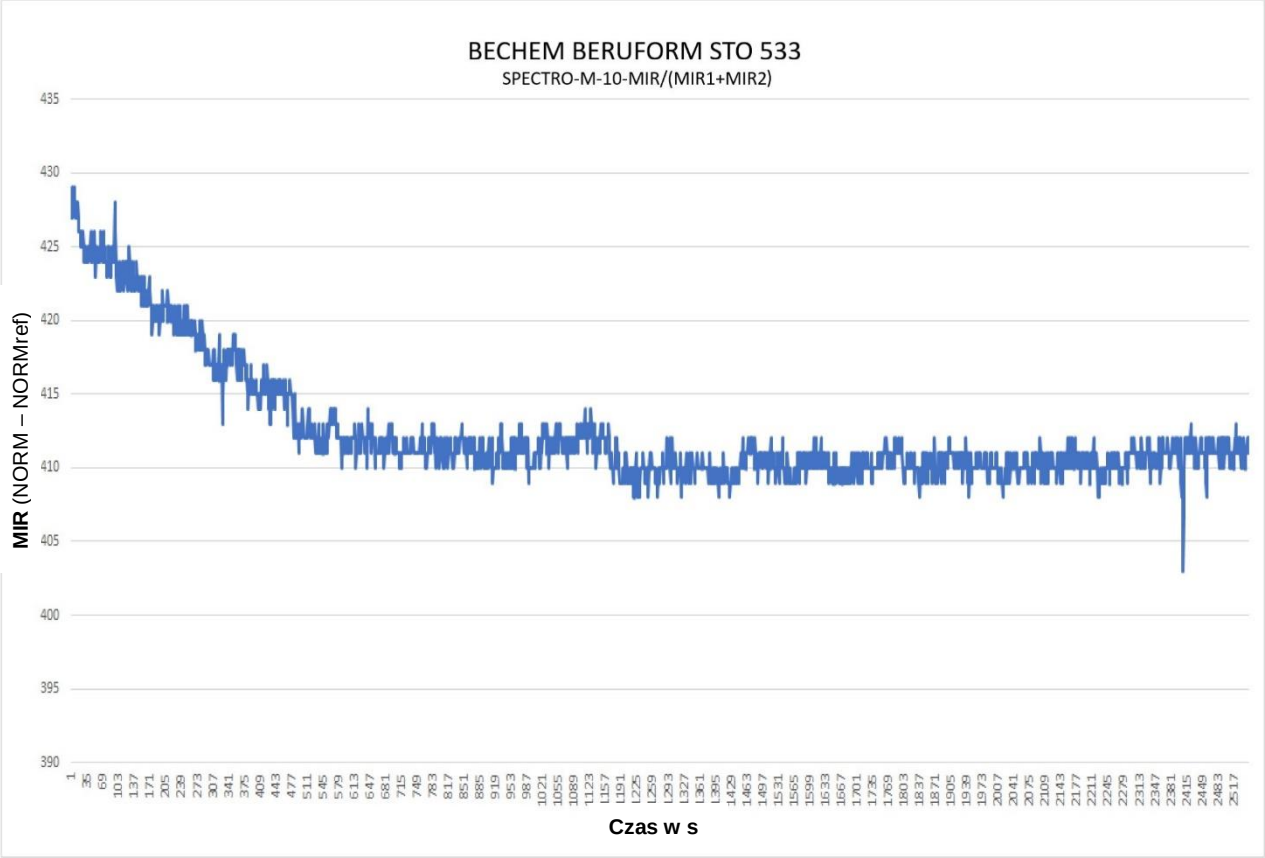
5.5.2 Porównanie czułości różnych olejów przy jednakowej grubości warstwy



Także w metodzie pomiaru MIR można ustalać różnice czułości między różnymi rodzajami olejów (przy porównywalnej grubości warstwy). W porównaniu z obydwiema metodami pomiarowymi UV można tutaj wykrywać wszystkie rodzaje olejów oraz różnicę między najbardziej i najmniej czułą próbką różni się zaledwie o współczynnik 7.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

5.5.3 Zależność sygnału pomiarowego MIR od czasu



Niektóre z badanych olejów wykazują właściwości parowania. To znaczy, że przy obserwowaniu w dłuższej przestrzeni czasowej mierzony sygnał staje się coraz słabszy, aż przyjmie określoną wartość. W przypadku tych olejów przeprowadzaliśmy pomiary testowe w dłuższym okresie czasu, aby zbadać to zachowanie. W tym celu ustawiony został układ sensoryczny, do którego wprowadzono film ustalonego rodzaju oleju i następnie przystąpiono do zapisywania danych pomiarowych przez długi okres czasu (ok. 43 min.).

W oleju BECHEM BERUFORM STO 533 można było stwierdzić regresję znormalizowanego obszaru o ok. 5% w odniesieniu do sygnału wyjściowego (co odpowiada współczynnikowi 1.05). Zauważony efekt daje się prawdopodobnie sprowadzić do tego, że pewna cześć oleju wyparowała i w ten sposób ustaliła się pewna równowaga ciężaru.

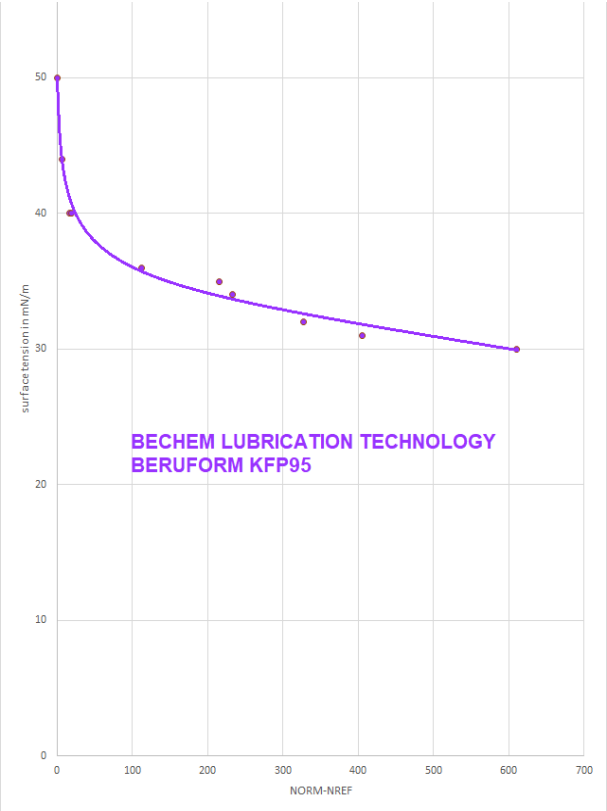
Ponieważ w zakresie MIR energia wzbudzenia jest mniejsza o współczynnik 10, w stosunku do procesów z UVA i UVC, wpływ wzbudzenia MIR na połączenia polimerowe powinien i tym samym na pomiar być znacznie mniejszy aniżeli porównując wysokoenergetyczne wzbudzenie UV.

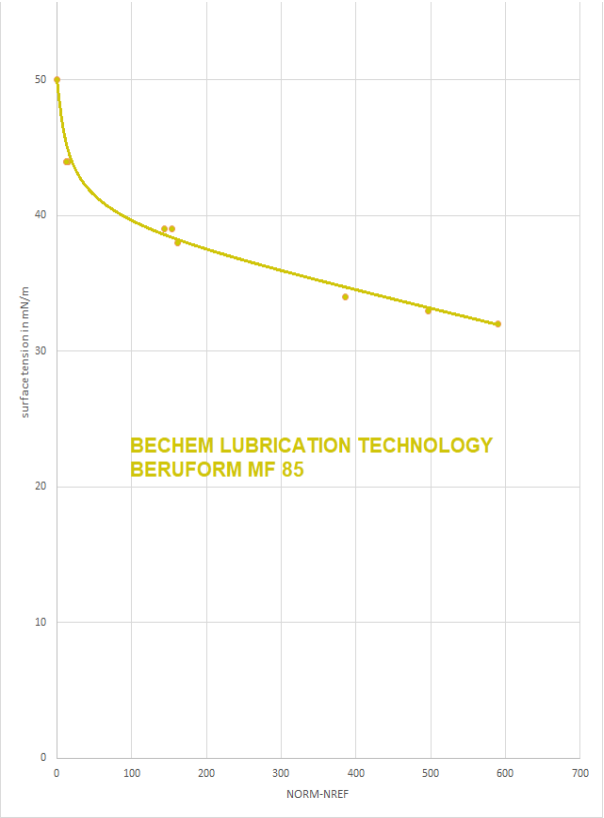
5.5.4 Korelacja sygnału MIR i zmierzonego napięcia powierzchniowego w zależności od rodzaju oleju

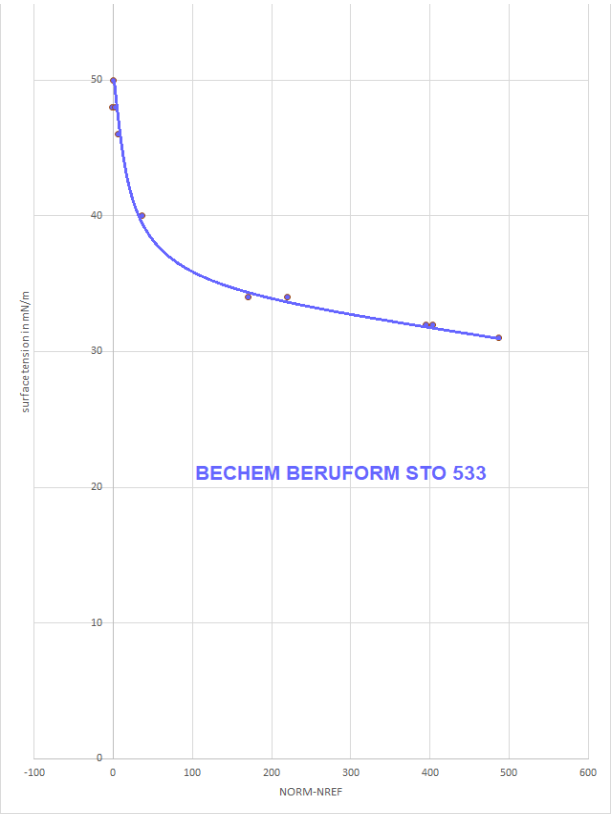
Rodzaje olejów zostały zmierzone na pozycjach 1 - 9 (**NORM**), po uprzednim ustaleniu na czterech pozycjach referencyjnych (pozycja 10, 11, 12, 13) średniej wartości referencyjnej (NORMref). Różnica tych dwóch wartości **NORM - NORMref** jest wymiarem napięcia powierzchniowego.

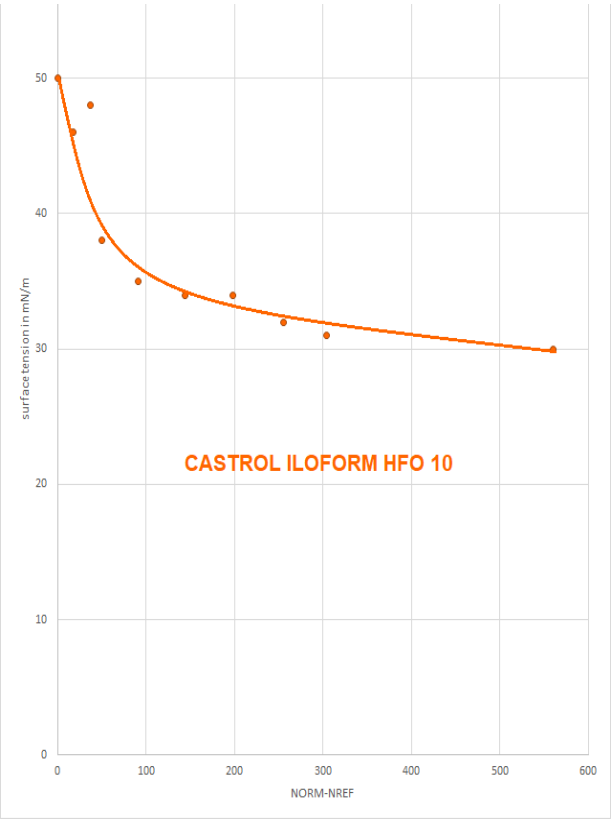
Na następujące wykresach graficznych udokumentowane zostały wyniki pomiarów. Na współrzędnej (oś x) umieszczono zmierzone wartości MIR = **NORM - NORMref** przez SPECTRO-M-10-MIR, natomiast na współrzędnej (oś y) znajdują się wartości napięcia powierzchniowego w **mN/m**, które zostały ustalone metodą tuszu testowego.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

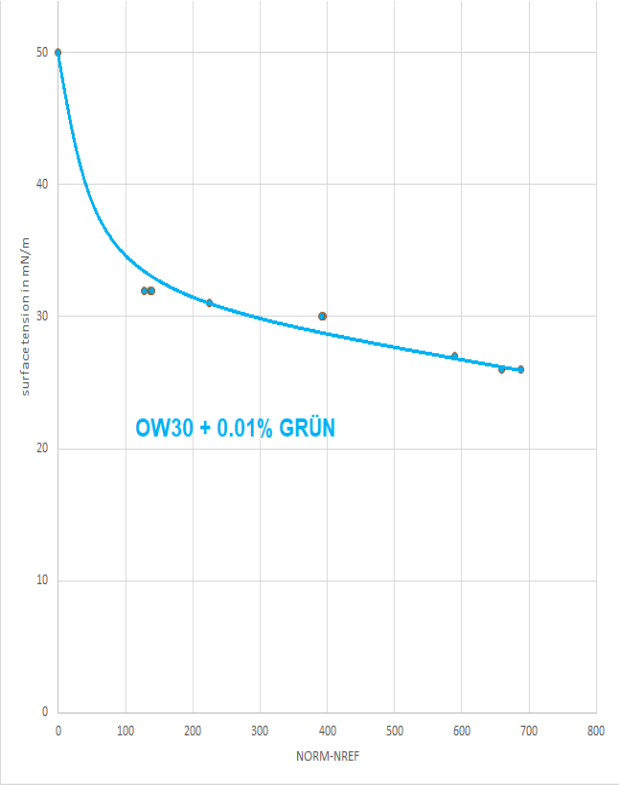


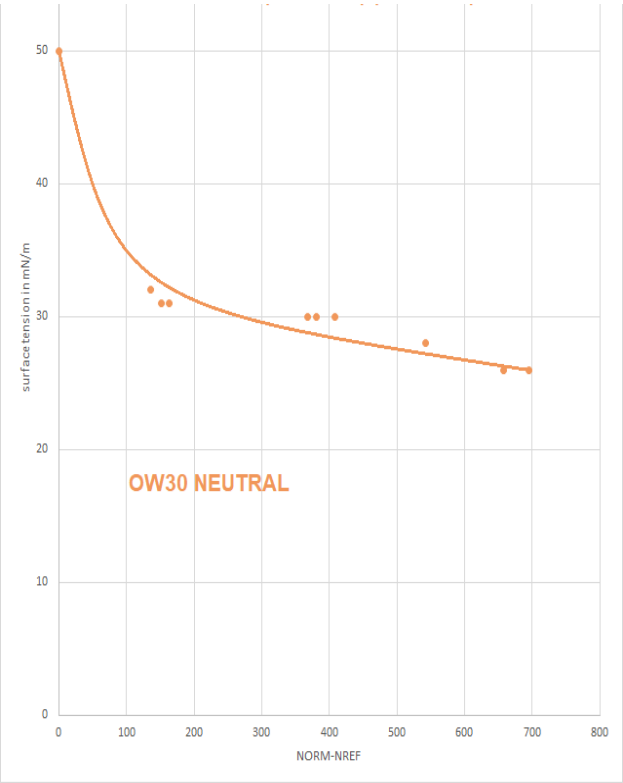


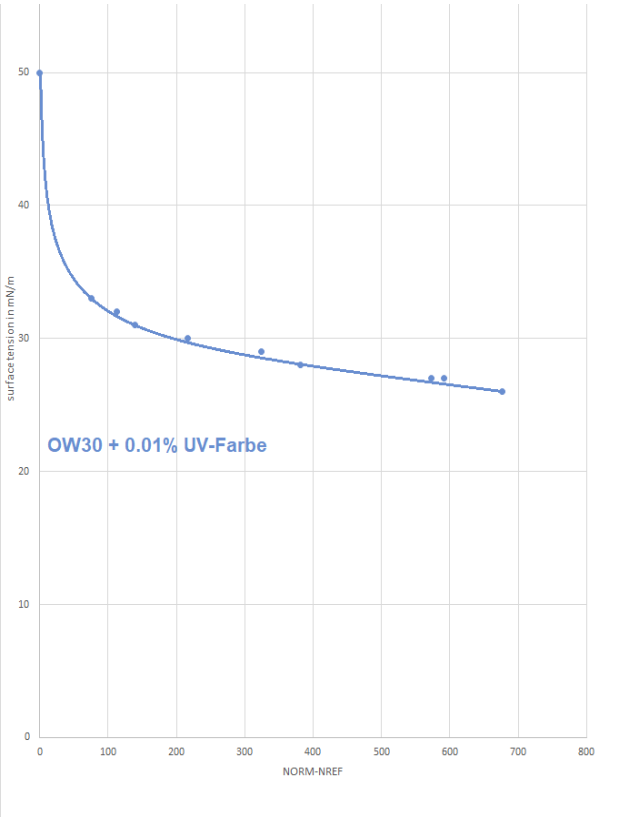


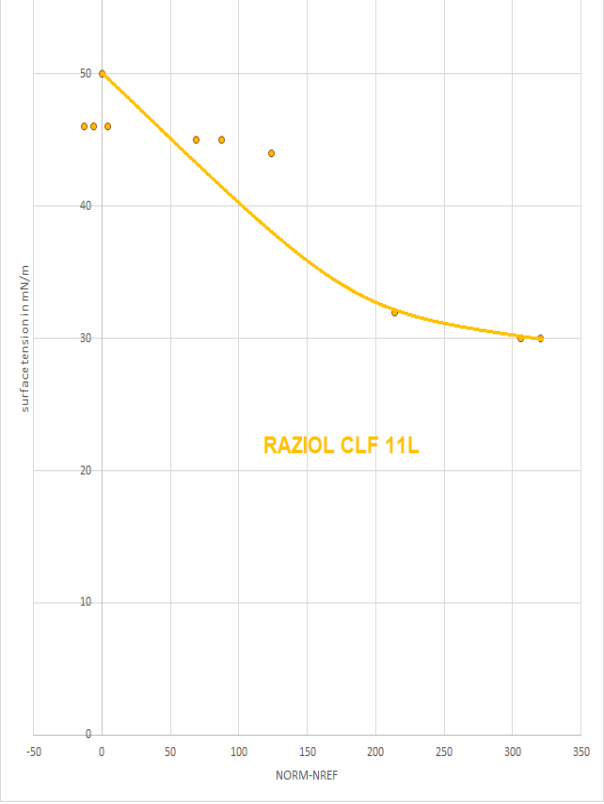


Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

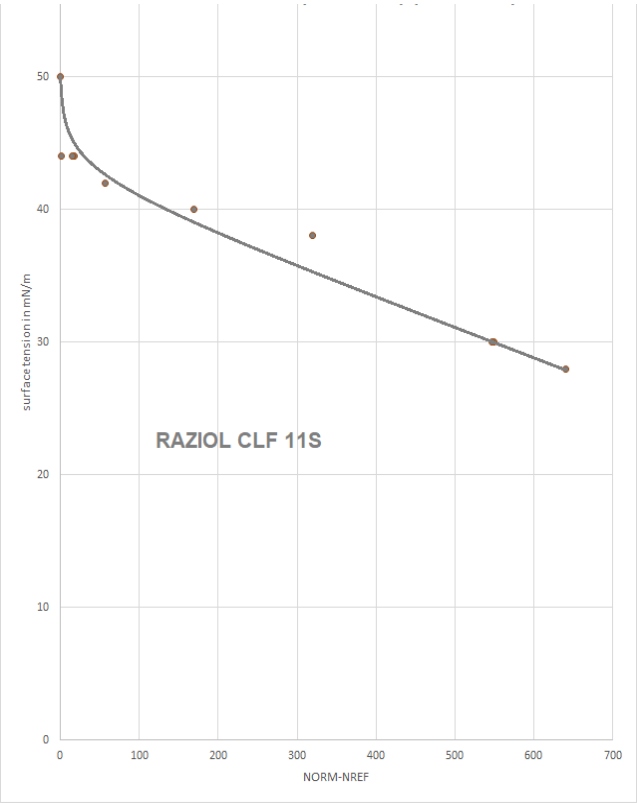


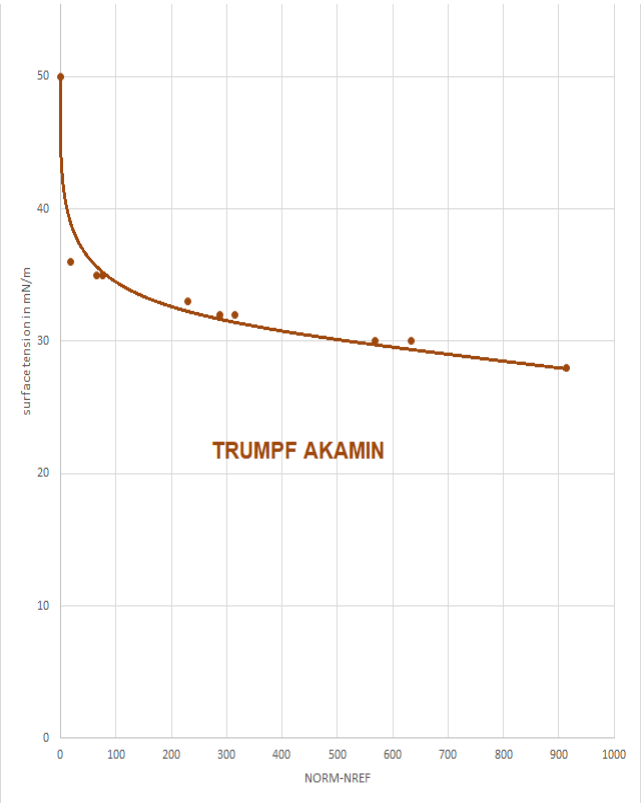


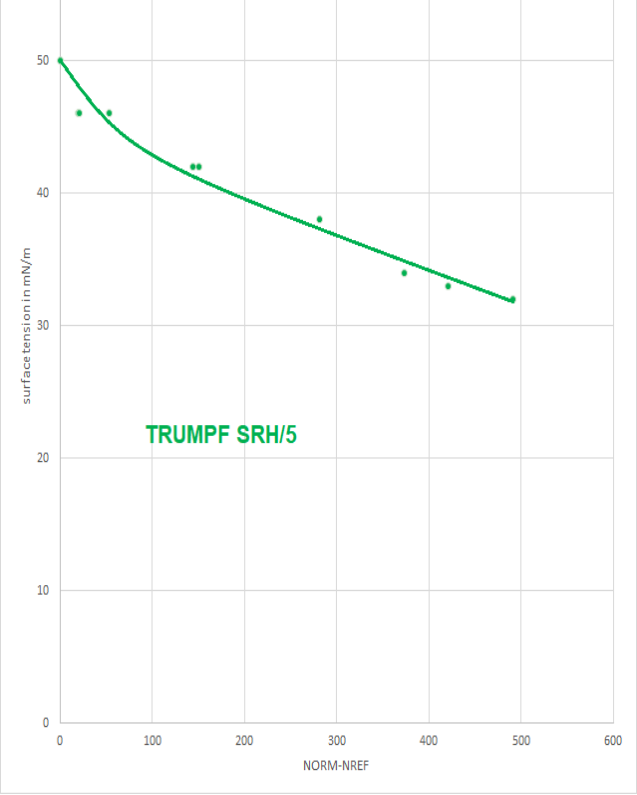


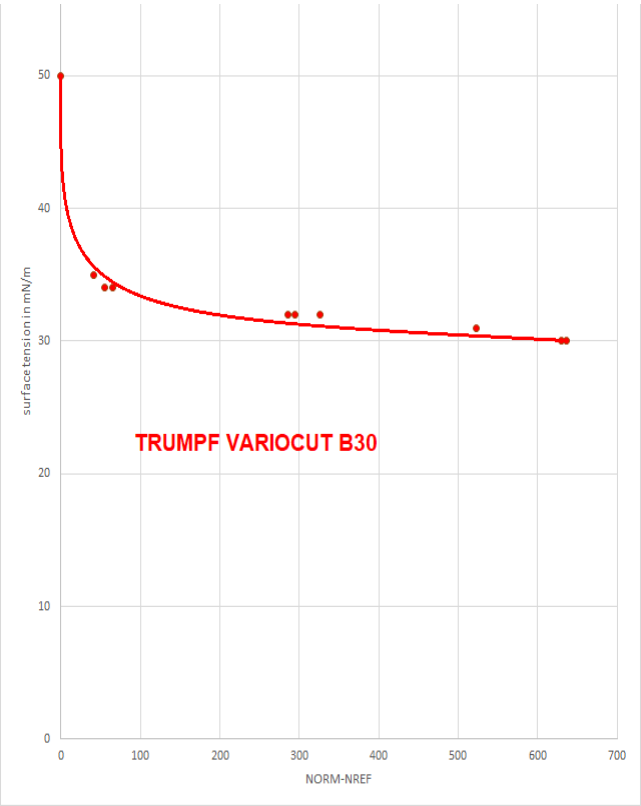


Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

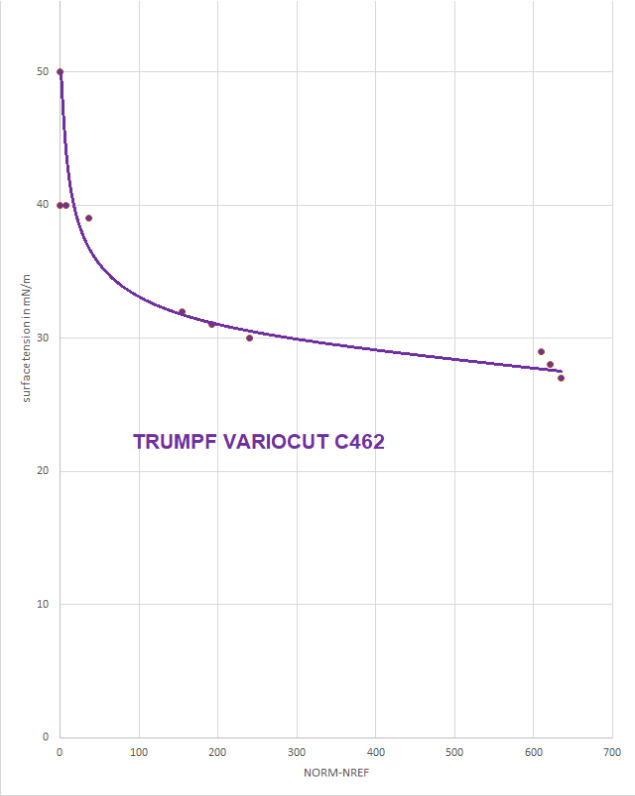


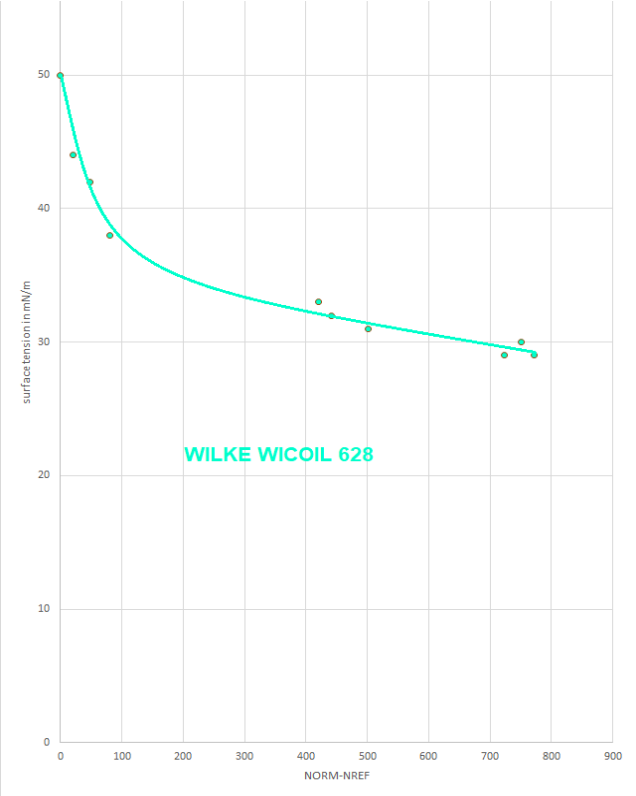


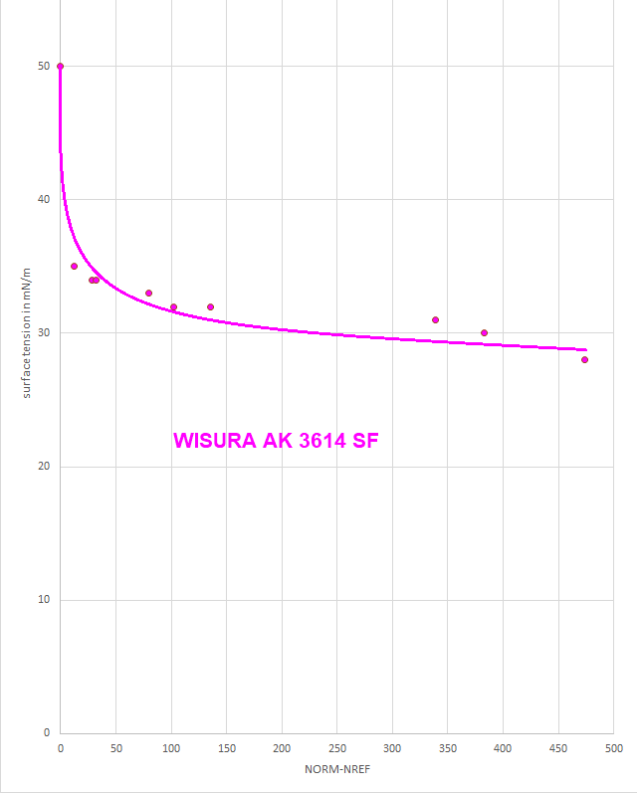


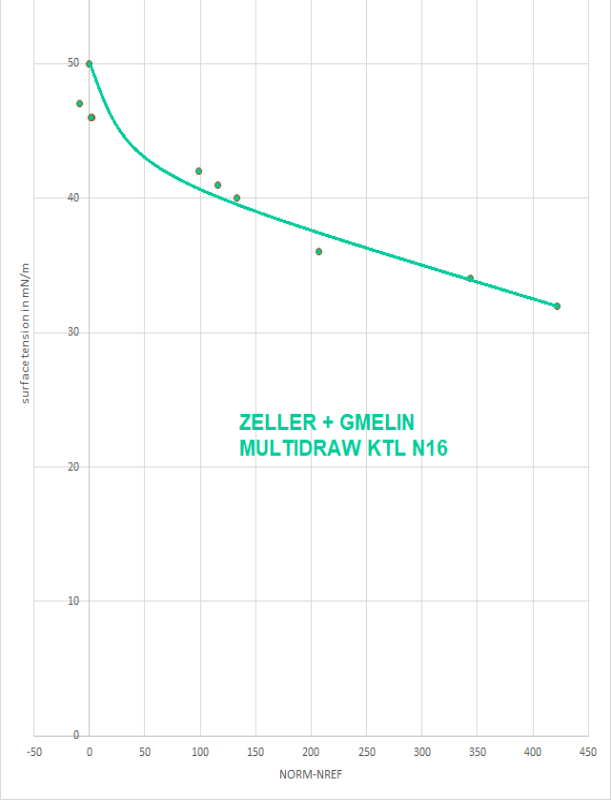


Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



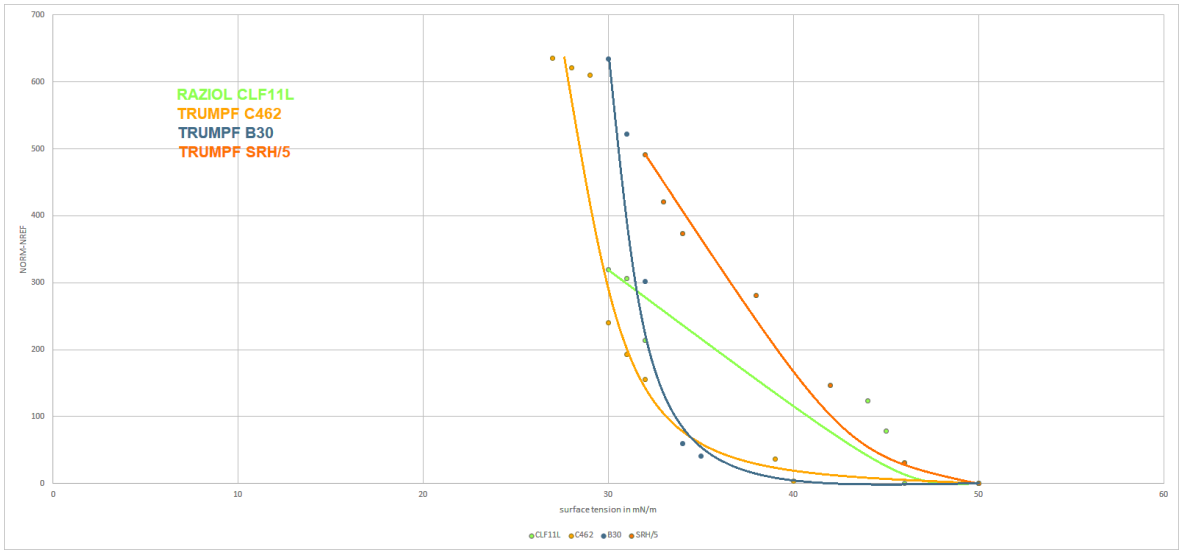


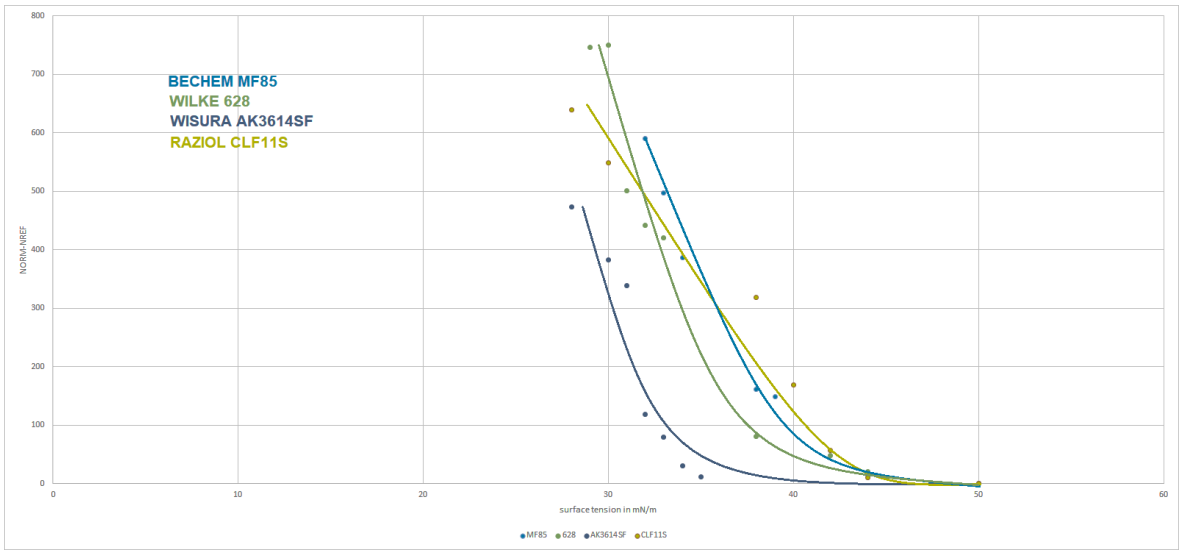


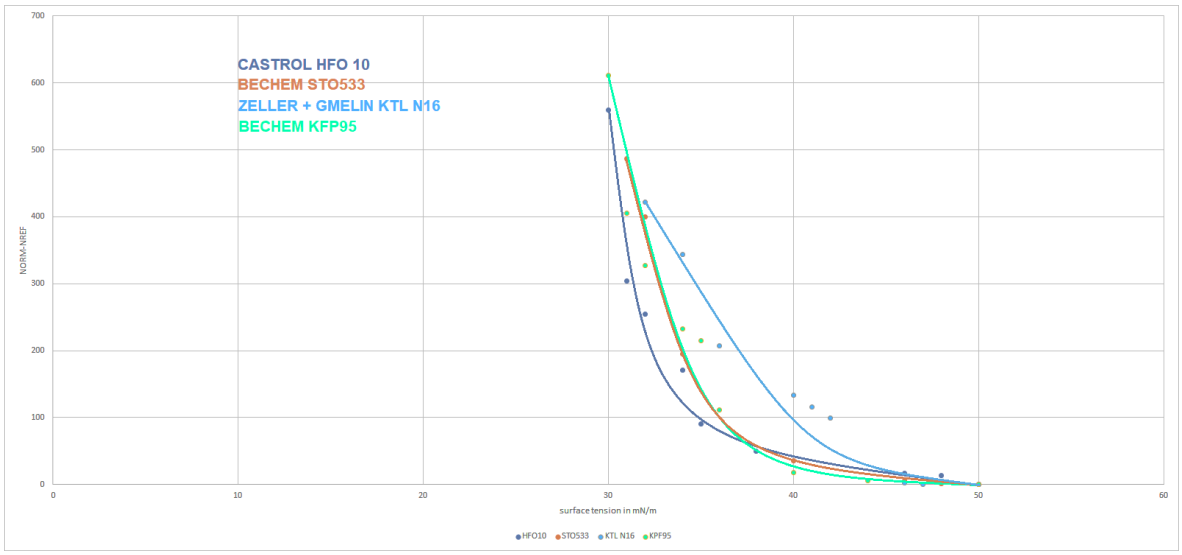


Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

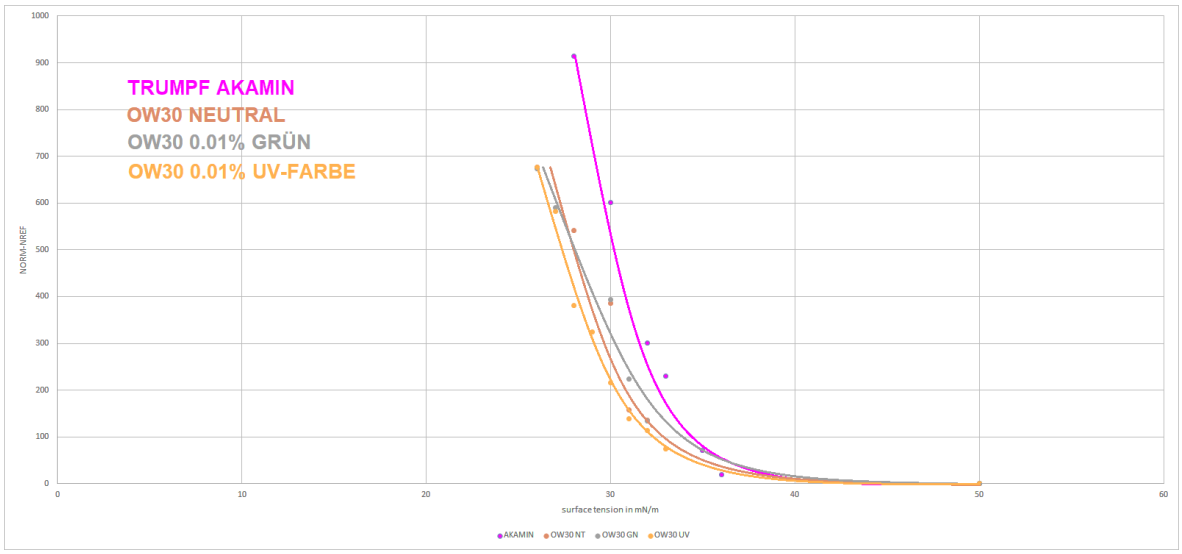
5.5.5 Porównanie wartości pomiarowych MIR w zależności od napięcia powierzchniowego







Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Z przebiegu krzywej pomiarowej widać, że także w metodzie pomiarowej MIR zalecane jest wzorcowanie w tle (Normref) na powierzchni metalowej stanowiącej podstawę. Aby można było przystąpić do wzorcowania, należy dokonać pomiaru dwiema metodami wybranych olejów i wprowadzić wartości do CONVERSION-Tool w programie SPECTRO MIR Scope-Software.

Obydwa wzorcowania można przeprowadzić za pomocą Windows® - Software **SPECTRO MIR Scope V1.0** . Dodatkowo z wartością NORM wyświetlana jest także wielkość napięcia powierzchniowego.

5.5.6 Porównanie metody MIR z czujnikami UVA i UVC

Równolegle do pomiarów za pomocą systemu MIR przeprowadzono testy z tymi samymi olejami przy pomocy czujników UV (UVA i UVC) wytwarzanymi przez Sensor Instruments.

W przypadku SPECTRO-1-FIO-(UVC/UVC) chodzi o czujnik światłowodowy ze wzbudzeniem w UVC (265 nm), za pomocą którego rejestrowane jest odbicie/absorpcja w UVC, podczas gdy SPECTRO-3-30-UV/BL-MSM-ANA jest czujnikiem fluorescencyjnym ze wzbudzeniem UVA (wysokowydajna LED, 365 nm) i analizuje emisję w zakresie widzialnym (typ. 450 nm – 700 nm).

Na podstawie ustalonych właściwości przetestowanych rodzajów olejów okazało się, że nie wszystkie z nich zostały zarejestrowane przez dwa czujniki UV, ponieważ niektóre nie wykazały żadnej lub możliwej do oceny fluorescencji UVA. Następująca tabela porównuje proces pomiaru MIR z dwoma procesami UV odnośnie ich przydatności do pomiaru przetestowanych olejów.

Jakie oleje są przydatne do procesu pomiaru (kolor zielony: odpowiedni, kolor czerwony: nieprzydatny):

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Dalsze istotne cechy zastosowanych procesów pomiaru w porównaniu:

Messverfahren	UVC	UVA	MIR
Empfindlichkeitsunterschiedsfaktor der verschiedenen Ölsorten	22	61	7
Signalabschwächungsfaktor bei Langzeitbelichtung	2	3	1.05
Fremdlichempfindlichkeit gegenüber Kunstlicht (LED - Weißlicht)	mittel	stark	gering
Messabstand in mm	5	15 (11)*	10
Detektionsbereich in mm	5	12 (1)*	10

* für das UVA - Messverfahren gibt es auch eine Lichtleiterversion, womit entsprechend kleine Detektionsbereiche erreicht werden können.

W porównaniu do procesów UV ze światłowodem (mała plamka pomiarowa) SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) wymaga nieco większej powierzchni do testowania, która powinna być płaska. Oceniając wszystkie inne kryteria ten proces w porównaniu z UV jest lepszy. Jedną z ważniejszych zalet procesu pomiaru MIR jest znormalizowana ocena wyników. Nie może ona wprawdzie zastępować indywidualnego wzorcowania każdego rodzaju oleju i metalowej powierzchni, jednakże w wysokim stopniu mogą być kompensowane różnice powierzchni metalowych jak również intensywność zastosowanego źródła światła. Przy zastosowaniu światła sztucznego (lampy LED ze światłe białym) do oświetlenia przestrzeni (oświetlenie otoczenia) nie jest obserwowany jego wpływ na wynik pomiaru.

5.5.7 Zestawienie kontroli pozostałości oleju

Obecność filmów olejowych na powierzchniach metalowych jest w praktyce do tej pory sprawdzana metodą Offline, jak np. tuszem testowym w sposób losowy. Jest to metoda dotykowa, ponieważ tusz testowy musi zostać naniesiony na badaną powierzchnię. Oprócz tego metoda tuszu testowego do ustalenia napięcia powierzchniowego jest zależna od sposobu postrzegania obserwatora (tworzenie się kropelki tak/nie i w jakim czasie) oraz świadomość, że istnieje relatywnie duża gradacja tuszy testowych w odniesieniu do napięcia powierzchniowego (co 2mN/m), co niekoniecznie wymaga przeprowadzenia dokładnej analizy. W tej metodzie konieczna jest także odpowiednio duża powierzchnia do przeprowadzenia testu (szerokość pociągnięcia pędzlem x ca. 15 mm na długości). Omówione wcześniej metody pomiarów 1 i 2 umożliwiają wykonanie czynności na bardzo małych powierzchniach, ale posiadają tą wadę, że nie wszystkie oleje reagują na efekt fizyczny co oznacza, że zachowują się w sposób quasi-neutralny.

Z SPECTRO-M-Serie do dyspozycji postawione zostały czujniki Inline, które po wykonaniu kompensacji referencyjnej (na małej powierzchni metalu) mogą wykrywać bardzo cienkie powłoki olejowe (< 1 µm) metodą bezdotykową.

Przy pomocy tak zwanej funkcji CONVERSION czujnika możliwe staje się przyporządkowanie wartości MIR czujnika i także referencyjnych uzyskanych w innych procesach pomiaru napięcia powierzchniowego. Po przeprowadzeniu referencyjnego wzorcowania systemowego czujnik automatycznie przelicza zmierzone wartości na wielkości systemu referencyjnego, zanim jeszcze zostaną one pokazane lub wyemitowane. Eksportowanie zmierzonych wartości do SPS może następować poprzez złącze szeregowe danych lub wyjście analogowe (0…10 V, lub. 4…20 mA).

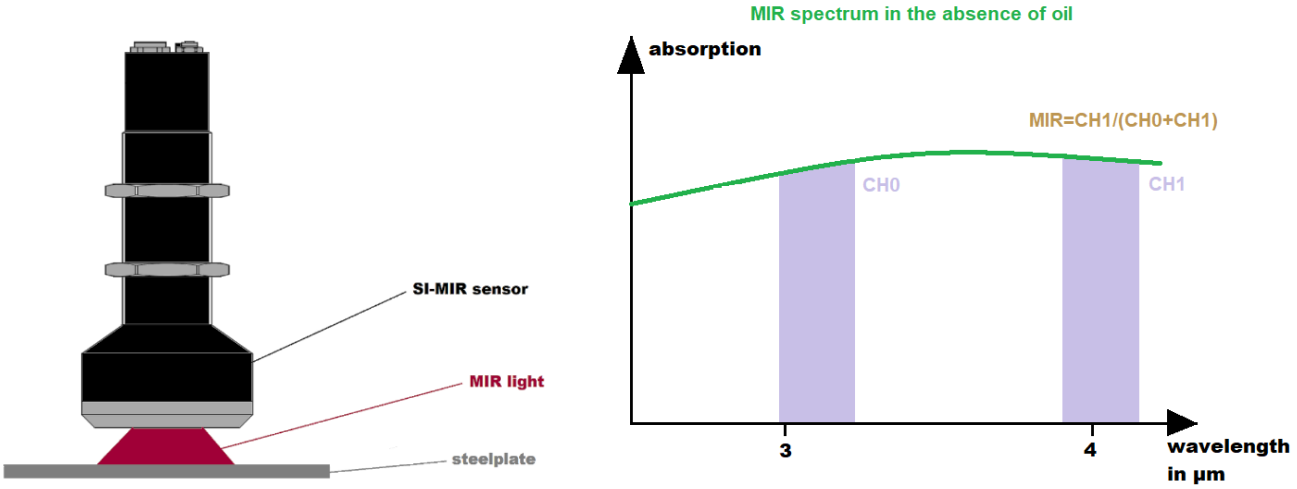
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

5.6 Kontrola Inline grubości warstwy oleju

Jeżeli na przykład należałoby ustalić grubość warstwy np. farby drukarskiej na arkuszu papieru, z pewnością do jej określenia posłużono by się metodą gramatury uznawanej jako najbardziej właściwa. Gramatura warstwy powłoki na papierze nie powinna różnić się o rzędy wielkości od gramatury papieru o grubości mieszczącej się na ogół w granicach od 0.05 mm do 0.2 mm. Odpowiednio dokładne ważenie powinno z całą pewnością prowadzić do wyniku, któremu można zaufać. Jak wygląda to, jeśli zamiast farby zastosowany jest olej a w miejsce arkusza papieru - blacha stalowa o grubości na przykład 1 mm? Metoda gramatury powinna tutaj dochodzić do swoich granic stosowania.

Jak pomimo tego można niezawodnie ustalić i bez dużego nakładu, grubość warstwy olejowej metodą bezdotykową? Należałoby tutaj wymienić z pewnością metodę fluorescencyjną. W tym przypadku do wzbudzenia fluorescencji stosowane jest promieniowanie UVA. Emisja wtórna w tym procesie zachodzi w zakresie widzialnych długości fal. Intensywność sygnału fluorescencyjnego wyznacza wymiar grubości danej warstwy oleju. Znajdują się jednak oleje, w których efekt fluorescencji nie jest możliwy do zmierzenia lub nie występuje zupełnie i w takich przypadkach pomiar grubości warstwy tym sposobem nie posiada zastosowania. W przypadku bardzo cienkich warstw sygnał fluorescencyjny także nie jest bardzo wyraźny,

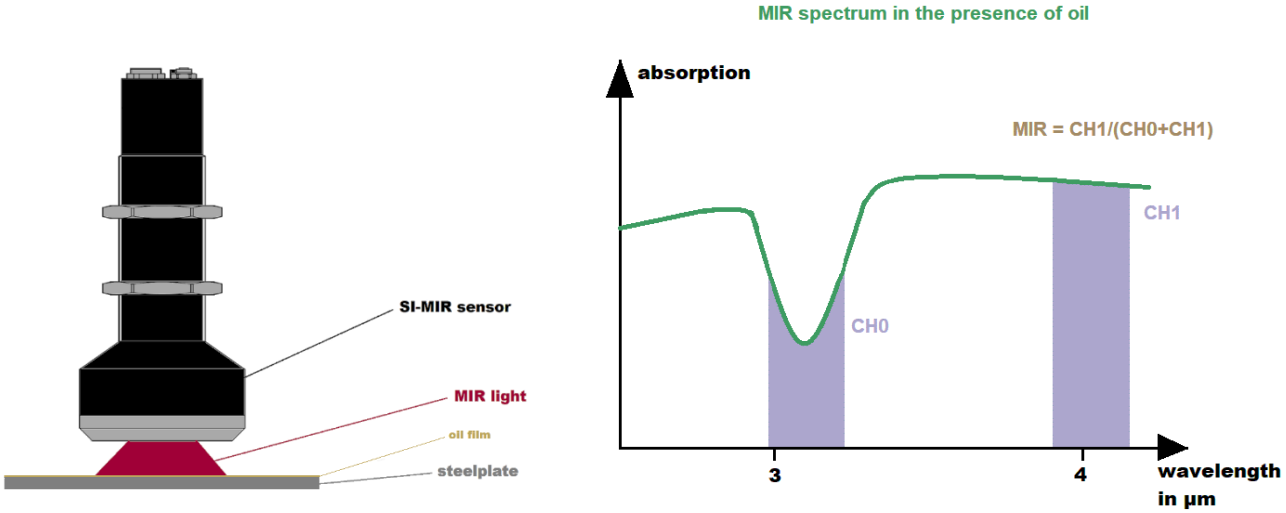
Jeżeli bierze się pod uwagę środkowy zakres podczerwieni (MIR), można stwierdzić, że powłoki organiczne, np., warstwa oleju, wykazują w CH0 znaczącą absorpcję, podczas gdy w oknie długości fal referencyjnych (CH1) to zjawisko nie występuje.
Sygnał MIR w SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) wskazuje (w pierwszym przybliżeniu) bezpośredni proporcjonalny związek między grubością warstwy oleju a sygnałem standardowym.



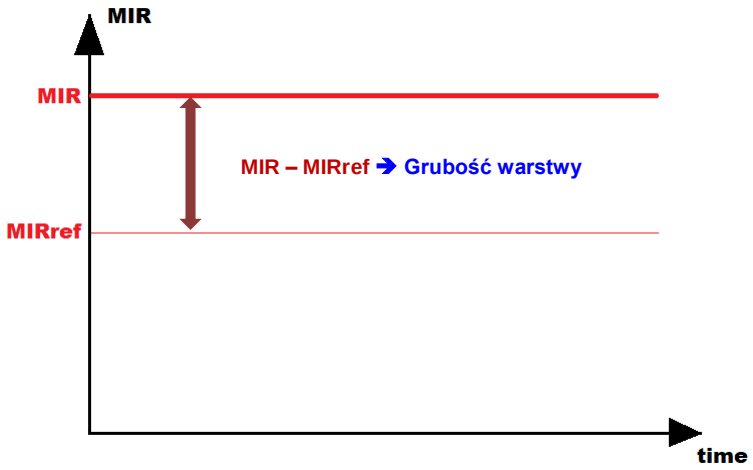
Czujnik SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2) poprzez dwa okna długości fal posiada możliwość analizy odbitego sygnału. Bez warstwy oleju absorpcja w obydwóch oknach długości fal jest praktycznie porównywalna. Ta wartość może być stosowana jako referencyjna dla odtłuszczonych powierzchni metalowych: MIRref = CH1/(CH0+CH1) odpowiada znormalizowanej wartości referencyjnej powierzchni metalowej bez powłoki olejowej, przy czym CH0 i CH1 są ustalonymi sygnałami pierwotnymi z obydwóch okien długości fal.

Jeżeli zwilża się powierzchnię stalową homogeniczną warstwą oleju, wówczas w spektrum MIR następuje wzrost sygnału MIR:

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Lewe kanał pomiarowy CH0 (z lewej strony) wykrywa absorpcję wzbudzoną dodatkowo przez warstwę oleju, podczas gdy CH1 (z prawej strony) nie wykazuje aktywności.



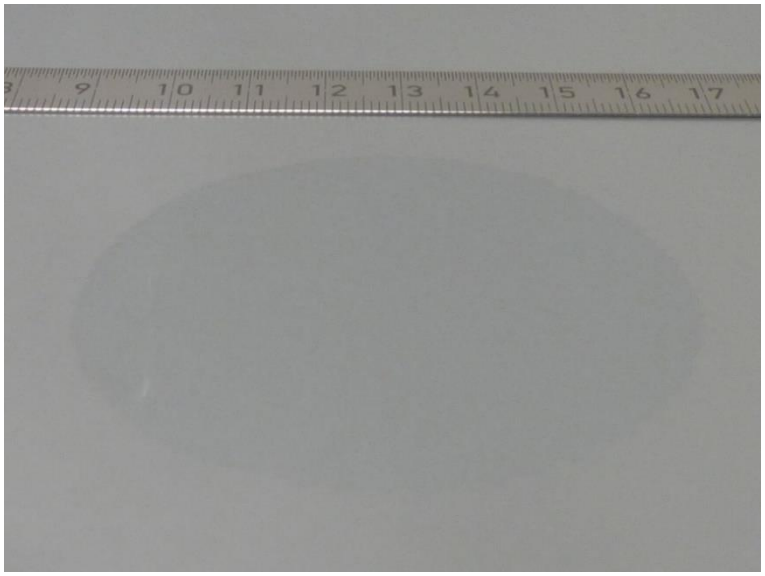
Wartość mierzona MIR=CH1/(CH0+CH1) przesuwa się na skutek dodatkowej absorpcji w oknie CH0 do góry. Im intensywniejsza absorpcja, tzn. im przykładowo warstwa oleju jest grubsza, tym bardziej przesuwa się wartość MIR od wartości odniesienia MIRref (bez warstwy olejowej).

Na podstawie wyników badań różnych olejów, które zostały przeprowadzone dotychczas, można wysnuć wniosek, że absorpcja MIR oprócz grubości warstwy oleju jest zależna także od jego gatunku. Poza tym podłoże z metalu posiadające właściwości refleksji dodatkowo wpływa na wynik pomiaru i w związku z tym należy przeprowadzać proces wzorcowania w odniesieniu do danego gatunku oleju i podłoża przed właściwym ustaleniem grubości warstwy.

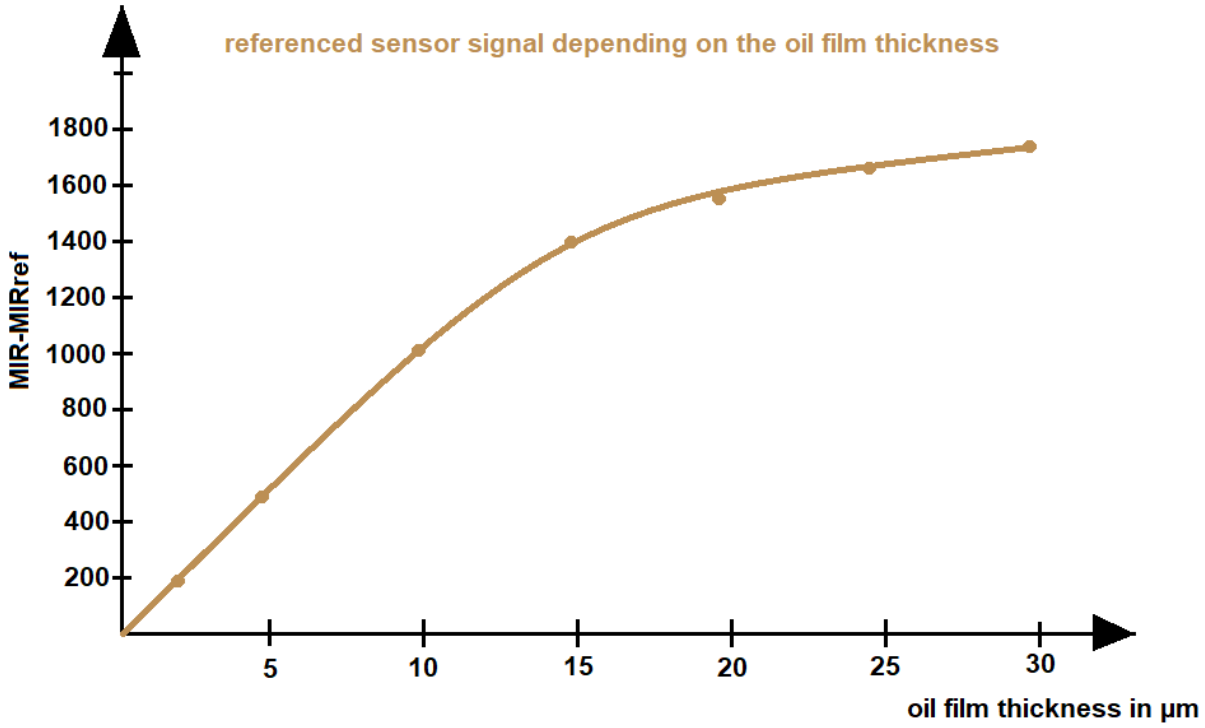
Sposób postępowania: W celu przeprowadzenia testów na odtłuszczoną powierzchnię metalową nanoszone są krople oleju tego samego rodzaju o pojemności 20 µl. Kropla oleju zostaje rozprowadzona homogenicznie za pomocą szpachli na powierzchni o średnicy 70 mm. Można teraz ustalić grubość warstwy w następujący sposób: w przypadku wolumenu oleju 20 µl na powierzchni o średnicy 70 mm powstaje warstwa o grubości ok. 5 µm, przy dwóch kroplach (40 µl) - odpowiednio 10 µm, przy 3 kroplach (60 µl) - 15 µm, itd.

Po wykonaniu prób z daną grubością warstwy, można rozpocząć proces pomiaru. Na początku należy ustalić uśrednioną wartość tła MIRref (na odcinkach nienaoliwionych) między próbkami oleju. Po zakończeniu wzorcowania czujnik **SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)** był kolejno umieszczany na powierzchniach wykonywania prób i następowało zapisywanie mierzonych wartości dla poszczególnych grubości warstw.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Po zakończeniu procesu otrzymuje się tabelę z wartościami, na podstawie której można sporządzić wykres:



Na podstawie diagramu można wysnuć wniosek, że rozdzielczość procesu pomiarowego wynosi ok. 10 nm (5000 nm/500 Digits), a dokładność pomiaru przemieszcza się w obszarze ok. 50 nm. Sygnał MIR przebiega prawie liniowo w stosunku do grubości warstwy. Górna granica w pomiarze grubości warstwy MIR w mierzonym oleju znajduje się w okolicy 15 µm.

Do pomiaru Inline należy usunąć jeszcze tylko odstępnik i można zaczynać! Układ sensoryczny oprócz wyjść cyfrowych i analogowych w przyszłości w opcji będzie dysponował także protokołem fieldbus. Za pomocą programu Windows® MIR Scope V1.0 można w łatwy sposób wprowadzać do systemu różne parametry i nadzorować go. Odstęp od czujnika do powierzchni obiektu wynosi tutaj 10 mm, strefa detekcji posiada średnicę ok. 10 mm. W przypadku mniejszych mierzonych obiektów stosowane są nakładane przesłony, które odpowiednio

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

ograniczają mierzoną powierzchnię. Ponieważ system pracuje zwykle w trybie DC, cykle pomiarowe są dostępne w zakresie do 10 kHz.

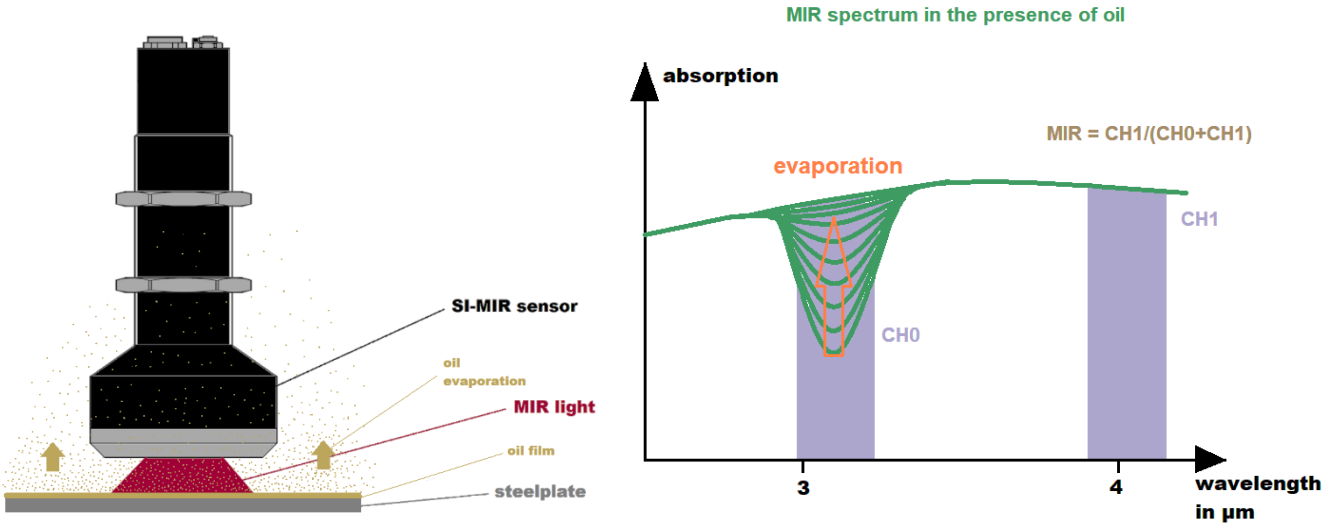
5.7 Pomiar parowania nanoszonego oleju

Do wytwarzania części tłoczonych i giętych coraz częściej stosowane są oleje, które po upływie określonego czasu podlegają procesowi parowania. Ideą jest pozostawienie jak najmniejszych resztek oleju na tych częściach, dzięki czemu w wielu przypadkach następuje zmniejszenie kosztów dodatkowej obróbki w procesie czyszczenia. Ale powstaje przy tym pytanie, jaka ilość naniesionego oleju pozostaje w rzeczywistości na elemencie konstrukcyjnym i jak długo trwa proces jego ulatniania się?

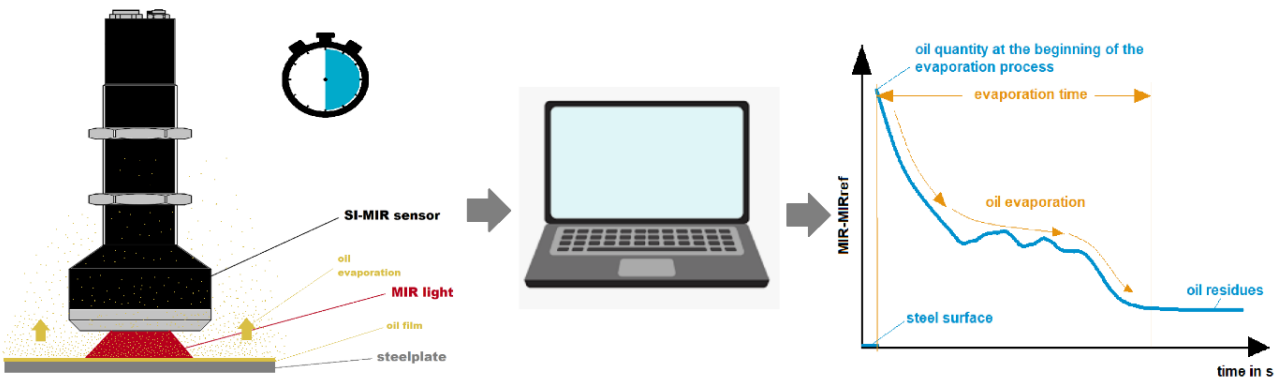
Dla pomiaru parowania wprowadzono na dokładnie odtłuszczoną blachę stalową 5 kropli oleju (5x20 µl) i rozprowadzono je na powierzchni o średnicy 70 mm.

Grubość warstwy oleju wynosiła na początku przebiegu pomiaru ok. 25 µm. Następnie czujnik **SPECTRO-M-10-MIR/(MIR1+MIR2)** został umieszczony w środku plamy olejowej i nastąpiło rozpoczęcie pomiaru.

Spektrum MIR bezpośrednio po naniesieniu warstwy oleju o grubości 25 µm. Na zakres długości fal CH0 wpływ posiada obecność oleju, podczas gdy w strefie długości fal CH1 nie jest zauważalne żadne pogorszenie się sygnału.



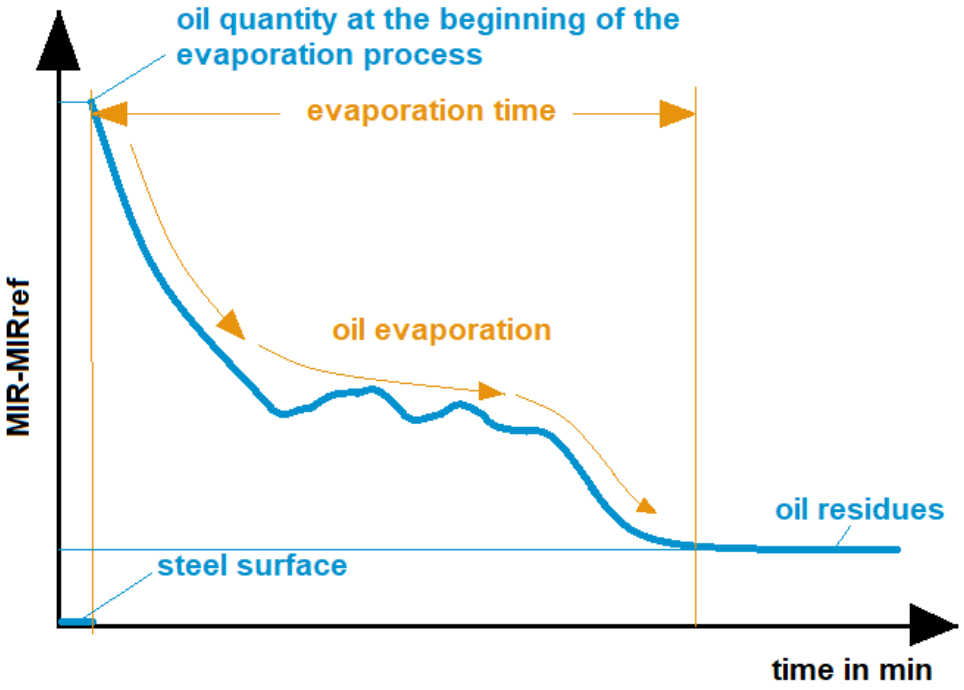
Sygnał MIR w kamerze do zdjęć przyśpieszonych: zmniejszenie sygnału spowodowane przez olej w CH0 następuje w wyniku jego rosnącego parowania.



Zapisana w przedziale czasowym, który trwał kilka godzin, znormalizowana wartość MIR lub standardowy sygnał referencyjny (MIR-MIRref) za pomocą programu Windows® MIR Scope V1.0 Software:

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Dla wszystkich przetestowanych prób z olejem można określić zbliżony przebieg jaki został przedstawiony na następującym wykresie:



Okres trwania parowania przebiegał w granicach od 60 do 90 min. Pozostałości oleju w przypadku najintensywniejszej próby parowania nie przekraczały 1% początkowej grubości warstwy, a przy próbie najmniej intensywnej - 50%.

Za pomocą procesu pomiarowego można szybko i łatwo wykonać test czasu trwania parowania olejów wychodząc w oparciu o zdefiniowane grubości warstw. Sygnał resztkowy, który jest mierzalny, po ustabilizowaniu się sygnału MIR, wskazuje obecność pozostałości organicznych na powierzchni, które pozostały po procesie parowania.

Funkcja Recorder programu SPECTRO MIR Scope w czujniku SPECTRO-M umożliwia ciągłą rejestrację i zapisywanie mierzonych wartości w pliku ASCII, który można następnie eksportować do programu kalkulacyjnego w celu dokonania analizy.

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6 Pomiary testowe w szeregu CLF 11

W odrębnym ciągu testów badane były oleje do tłoczenia szeregu CLF 11 firmy Raziol Zibulla & Sohn GmbH. Wyniki podane zostały na kolejnych stronach.

6.1 Metodyka testów oraz metoda referencyjna

Za referencyjną przyjęto metodę „czerwonego tuszu" – proces z zastosowaniem czerwonego tuszu firmy arcotest (www.arcotest.de).

Oleje przeznaczone do badania zostały umieszczone na odtłuszczonej blasze metalowej (np. GARDOBOND z Chemetall) i następnie tusz testowy o określonym napięciu powierzchniowym (informacje na butelce, np. 38 mN/m) został rozprowadzony pędzlem znajdującym się w opakowaniu na powierzchni pokrytej przez olej.

Jeżeli tusz testowy perli się, należy zmniejszyć wartość napięcia powierzchniowego o kolejny stopień, aż do chwili, kiedy nastąpi zwilżanie powierzchni. Podana wartość napięcia powierzchniowego na butelce tuszu testowego odpowiada niej więcej napięciu powierzchniowemu powierzchni metalowej łącznie z warstwą oleju.

Im cieńsza jest warstwa oleju, tym większe jest napięcie powierzchniowe w przypadku zastosowania danego oleju.

W trakcie przebiegu testów okazało się konieczne, że badany olej powinien zostać rozprowadzony możliwie jak najcieńszą warstwą na odtłuszczonej powierzchni metalowej i następnie dokładnie wtarty za pomocą ścierki niepozostawiającej włókien. Olej powinien zostać rozprowadzony homogenicznie na powierzchni o średnicy ok. 70 mm.

Zwykle, w zależności od sposobu rozprowadzania, uzyskuje się grubości warstw w granicach od 0,1 µm do 3 µm: 1x wcieranie, 2x wcieranie, 3x wcieranie przy ilości oleju wynoszącej 20 µl (1 kropla), 40 µl (2 krople), 60 µl (3 krople). Tak jak zostało to już wcześniej opisane nanoszenie oleju następuje za pomocą pipety, następnie olej zostaje wcierany do uzyskania wymaganej grubości warstwy (w celu uzyskania warstw między 1 µm a 10 µm), rozprowadzony (w celu uzyskania warstw od 1 µm do 10 µm) lub pozostawiony bez wykonywania żadnych czynności (warstwy od 5 µm do 50 µm). Także w przypadku ostatnich dwóch procesów zadana ilość oleju rozprowadzana jest na powierzchni o średnicy ok. 70 mm. W każdym pomiarze stosowana była odtłuszczona blacha stalowa oraz czysta ścierka niepozostawiająca włókien, jak również nieużywana szpachelka z tworzywa sztucznego. W każdej

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

próbie stosowana była odtłuszczona blacha firmy Chemetall Typ GARDOBOND. Ustalenie grubości warstwy następowało na podstawie wymiaru średnicy oraz wolumenu oleju (każda kropla ok. 20 µl). Przy obliczaniu chodzi o pierwszą ocenę, ponieważ ani średnica ani ilość oleju nie mogły być dokładnie ustalone. Z kolei w próbach pomiaru chodzi o wyparowane oleje do tłoczenia i ciągnięcia, tzn. od początku nanoszenia następował już pewien ubytek! Przy rozprowadzaniu nie udaje się mimo zastosowania szpachelki z tworzywa sztucznego tego, że pozostałości oleju pozostają przywarte na szpachelce zamiast na powierzchni stalowej. Z powodu rozprzestrzeniania się oleju należało zaakceptować większe jego ilości w procesie parowania, ponieważ proces rozchodzenia się w porównaniu z rozprowadzeniem wymagał więcej czasu. Po wcieraniu oleju za pomocą ścierki niepozostawiającej włókien pozostaje na niej jego większa część. Z tego powodu określenie grubości warstwy nie jest jednak możliwe.

Do naszych celów stosowane były odpowiednie blachy stalowe oraz aluminiowe w stanie **odtłuszczonym**.

Napięcie powierzchniowe, ustalone metodą tuszu testowego, powinno znajdować się na jeszcze niewykorzystywanej powierzchni blachy próbnej GARDOBOND® poza 50 mN/m, ponieważ nawet przy zastosowaniu tuszu testowego o najwyższych parametrach (50 mN/m) nie mogłoby być obserwowane żadne perlenie się na stalowej blasze.

6.2 Dane producenta dotyczące szeregi CLF 11

Zgodnie z informacjami firmy Raziol Zibulla & Sohn GmbH w przypadku szeregu CLF 11 chodzi o oleje posiadające właściwości szybkiego parowania:

„Wszystkie produkty Raziol CLF 11 … W zawierają specjalny dodatek stanowiący ochronę tymczasową przed korozją do składowania Indoor. Wymienione produkty parują, w zależności od dodatków uszlachetniających, w stosunkowo krótki czasie. Dodatki pozostają na powierzchni obrabianego przedmiotu.

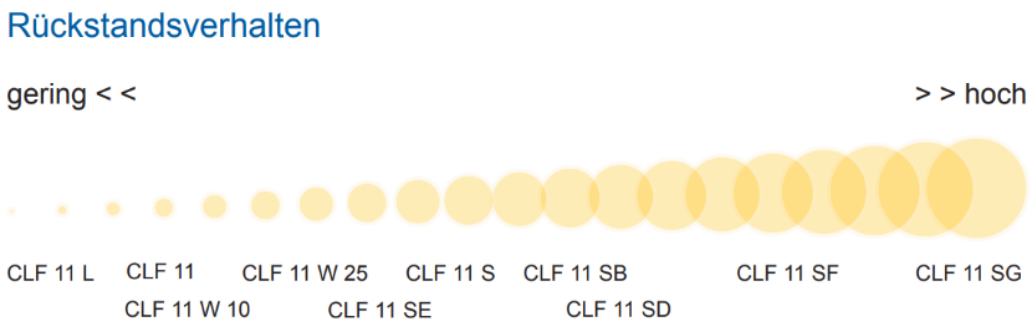
Raziol Zibulla & Sohn GmbH poleca stosowanie szeregu CLF 11 w następujących przypadkach (wyciąg z: www.raziol.com)

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Anwendung der Raziol CLF 11 Reihe

- z.B bei der Herstellung von Elektrokontakten, von Stanz- und Biegeteilen, Federn, Drähten, Uhren, Metallwaren, von Dichtungselementen sowie von weißer Ware und Elementen der Kommunikationstechnik
- für Fertigungsteile geeignet auf denen möglichst wenig Rückstand verbleiben soll
- oftmals können Nachfolgeprozesse wie Kleben und Etikettieren ohne Waschen erfolgen
- Abdeckung eines breiten Leistungsspektrums durch die Zugabe unterschiedlicher leistungssteigernder Zusätze
- in Verbindung mit den Raziol Auftragssystemen wie Rollenbandölern oder Sprühsystemen ist problemlos ein sparsames, definiertes Beölen mit den Produkten der Raziol CLF 11 Reihe möglich

W celu zapoznania się z postępowaniem z pozostałościami należy przeczytać informacje w (www.raziol.com):



Wykonano testy dla następujących olejów:

- CLF 11 L
- CLF 11
- CLF 11 W 10
- CLF 11 W 25
- CLF 11 SE
- CLF 11 S
- CLF 11 SB
- CLF 11 SD
- CLF 11 SB
- CLF 11 SD
- CLF 11 SF
- CLF 11 SG

Kryteriami badań były:

Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

- Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju
- Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym
- Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego (system referencyjny)

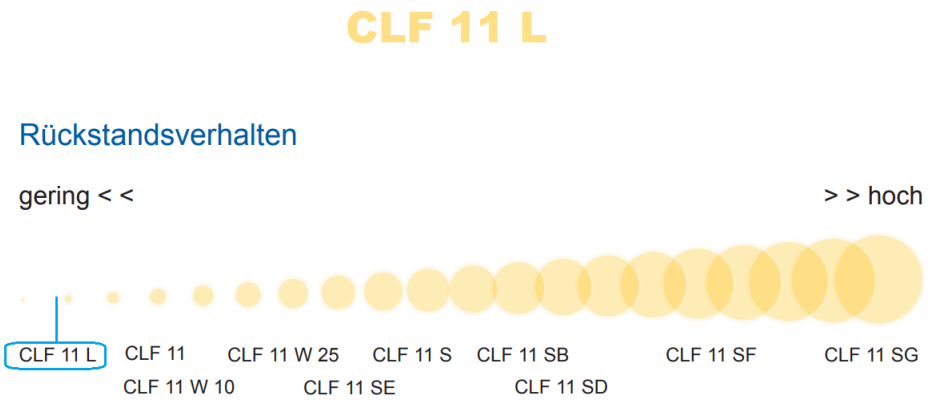
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

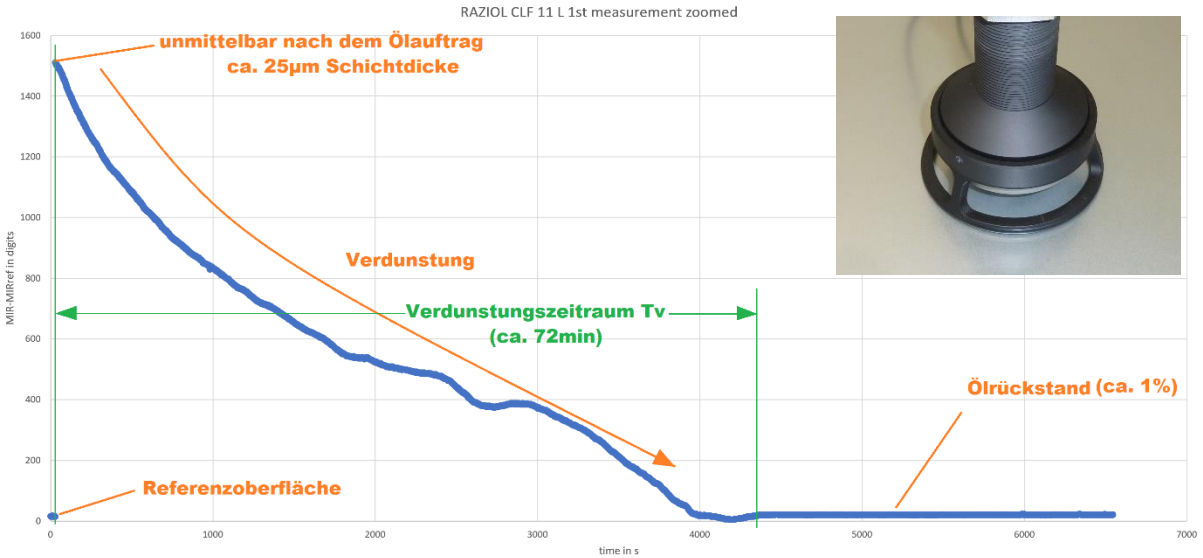
6.3 Raziol CLF 11 L

6.3.1 Czas parowania frakcji lotnych znajdujących się w oleju

Na odtłuszczoną blachę stalową naniesionych zostało 5 kropli oleju (ok. 100 µl) i następnie dopuszczono do rozpłynięcia się całej jego ilości na powierzchni o średnicy ok. 70 mm. Ten proces trwał ok. 5 minut. Nie zważając na ewentualne rozbieżności wolumenu oleju od 100 µl, odchyłki od średnicy 70 mm oraz ilości oleju, które ulotniły się podczas nanoszenia w tracie 5 minut, nastąpiło przejście do obliczeń dla grubości wynoszącej ok. 25µm. Czas parowania Tv ustalony przez system sensoryczny, tzn. czas, w którym lotne komponenty ulotniły się z oleju, wynosił ok.72 minut. Pozostałość oleju, tzn. jego ilość, która po upływie tego czasu znajdowała się jeszcze na stalowej blasze, wahała się w granicach 1% wcześniej naniesionej jego ilości:

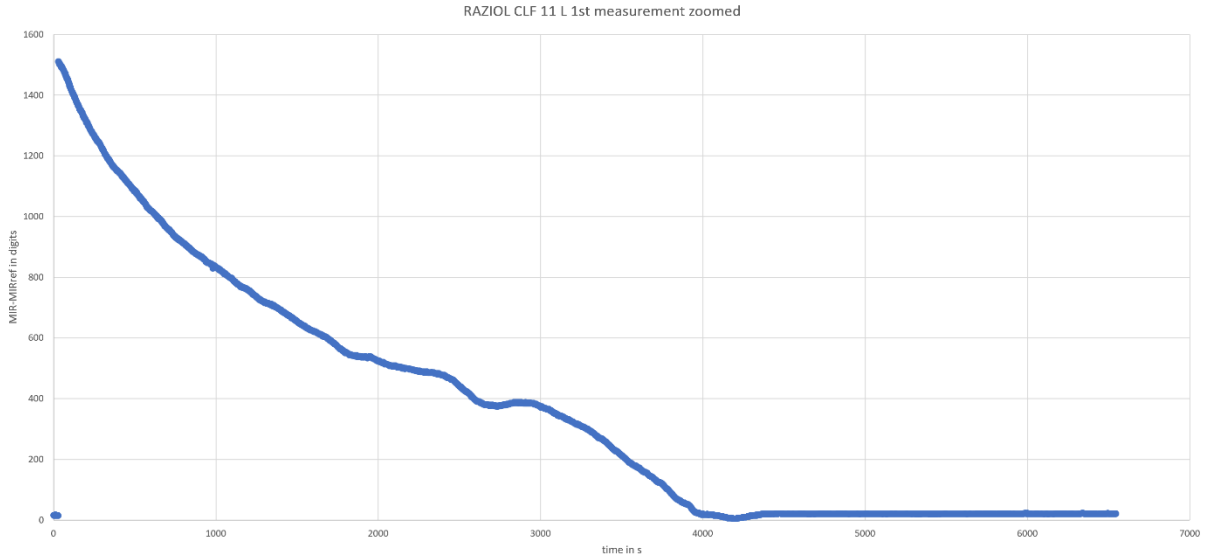
- Czas parowania: 72 min
- Ilość pozostałości oleju: 1%.





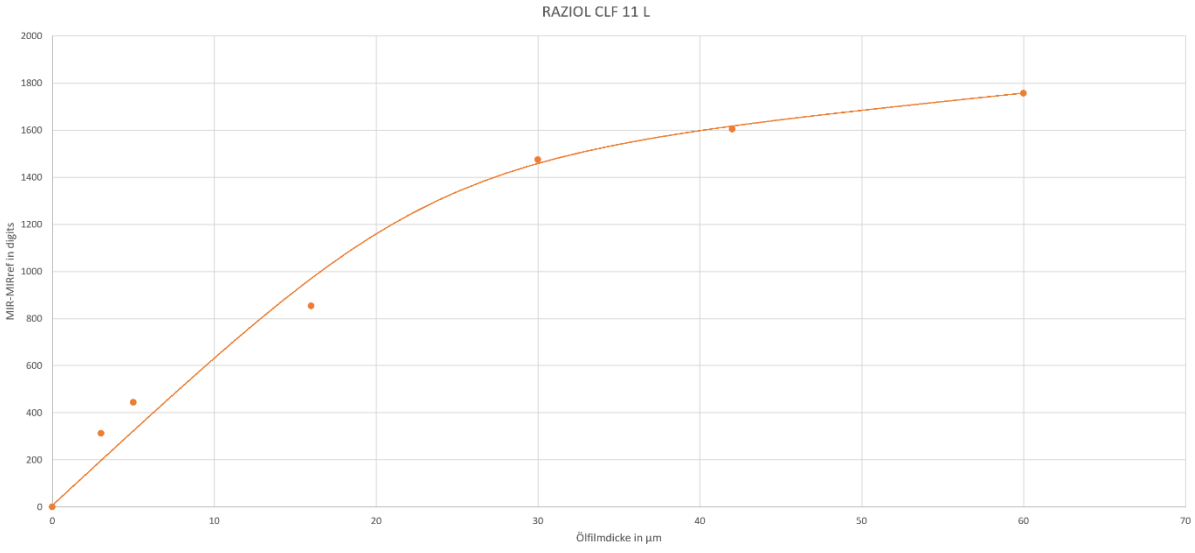
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

Schichtdicke	MIR NORM	MIR-MIRref deltaNORM	ROTE TINTE	Anzahl Tropfen	Ölfleck Durchmesser	Schichtdicke	Ölmenge
in µm	in digits	in digits	in mN/m		in mm	in µm	in µl
3	2518	312		0,5	70	3	10
5	2650	444		1	75	5	20
16	3060	854		3	70	16	60
30	3680	1474		5	65	30	100
42	3810	1604		7	65	42	140
60	3963	1757		10	65	60	200
0	2206	0		0		0	0



6.3.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym

Na odtłuszczoną stalową blachę nanoszone były krople oleju i następnie pozwalano na ich rozpłynięcie się lub w przypadku ich niewielkiej ilości rozprowadzano je za pomocą szpachelki z tworzywa sztucznego na powierzchni o średnicy ok. 70 mm.

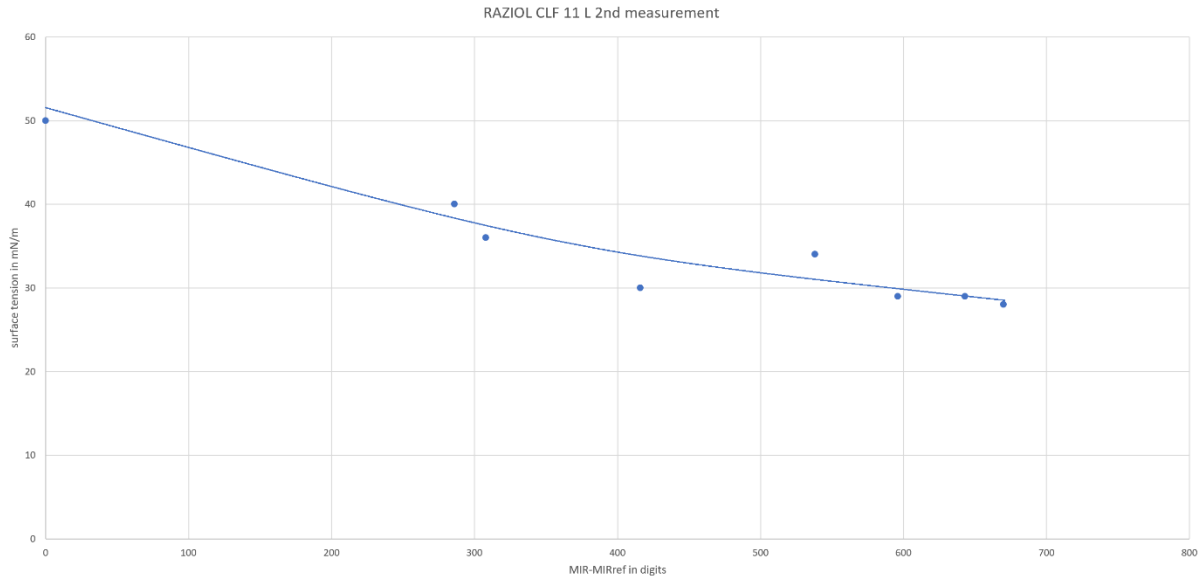


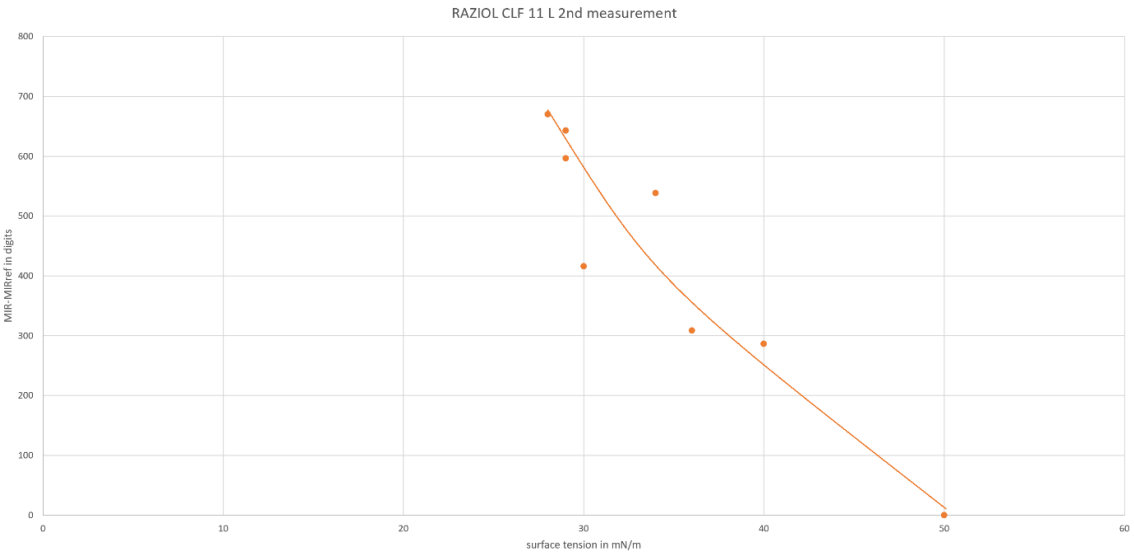
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.3.3 *Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego*

W tym celu określona liczba kropli oleju została naniesiona na odtłuszczoną powierzchnię stalową i następnie olej został starannie roztarty za pomocą ścierki nie pozostawiającej włókien. Następnie określono wartość pomiaru z zastosowaniem czujnika SPECTRO-M co następowało po ustaleniu napięcia powierzchniowego za pomocą czerwonego tuszu testowego.

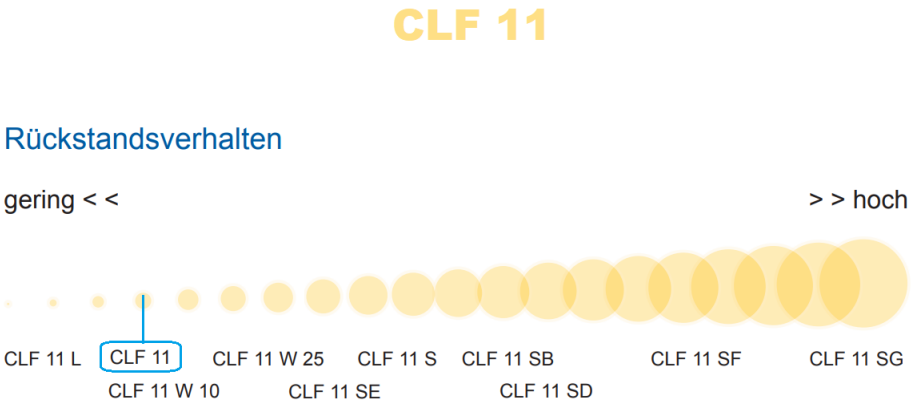
ROTE TINTE in mN/m	MIR NORM in digits	MIR-MIRref deltaNORM in digits	ROTE TINTE in mN/m
29	2637	643	29
28	2664	670	28
29	2590	596	29
30	2410	416	30
36	2302	308	36
40	2280	286	40
34	2532	538	34
50	1994	0	50





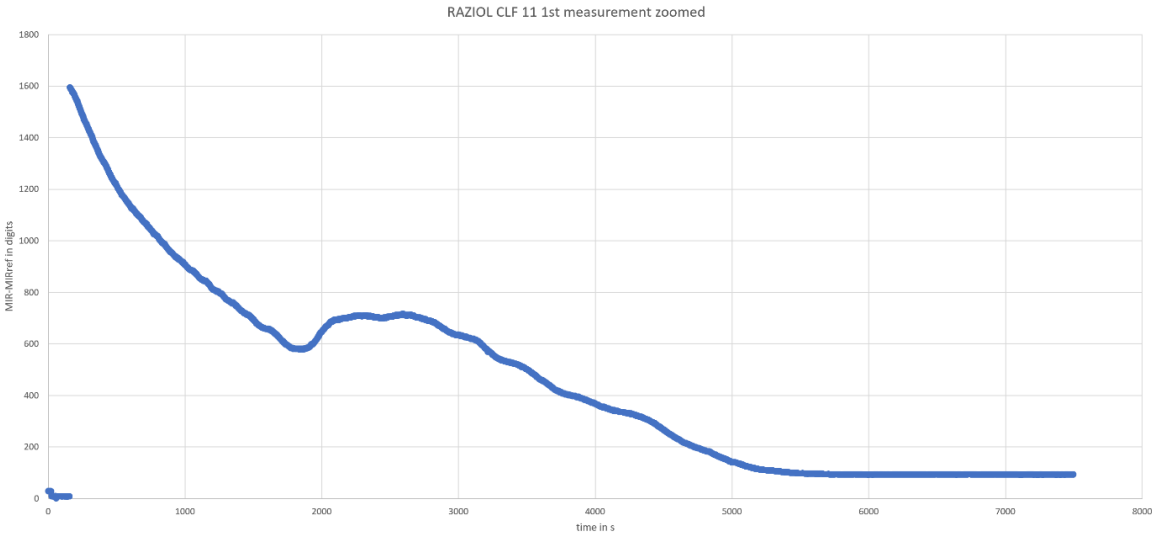
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.4 Raziol CLF 11

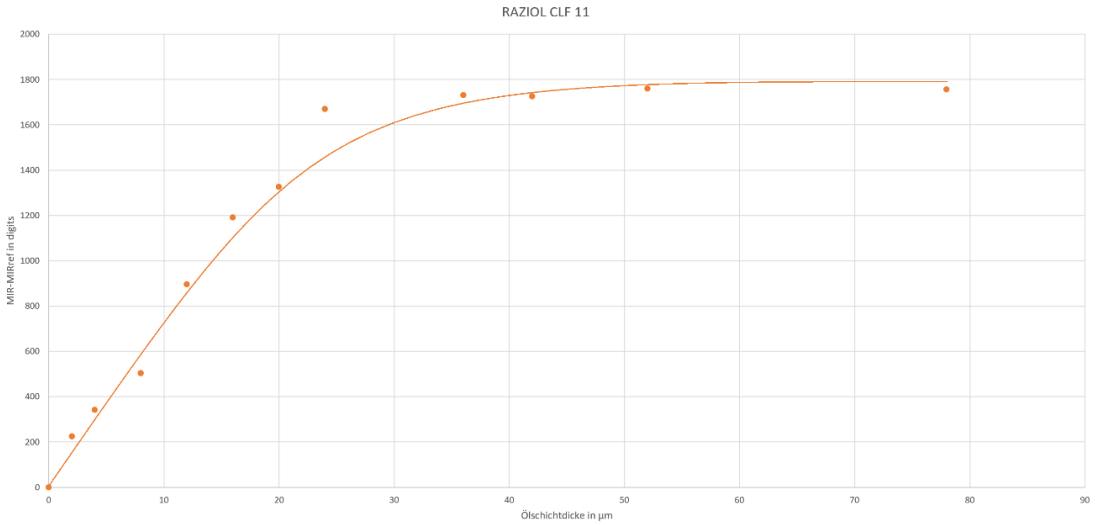


6.4.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju

- Czas parowania: ok. 90 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 6%

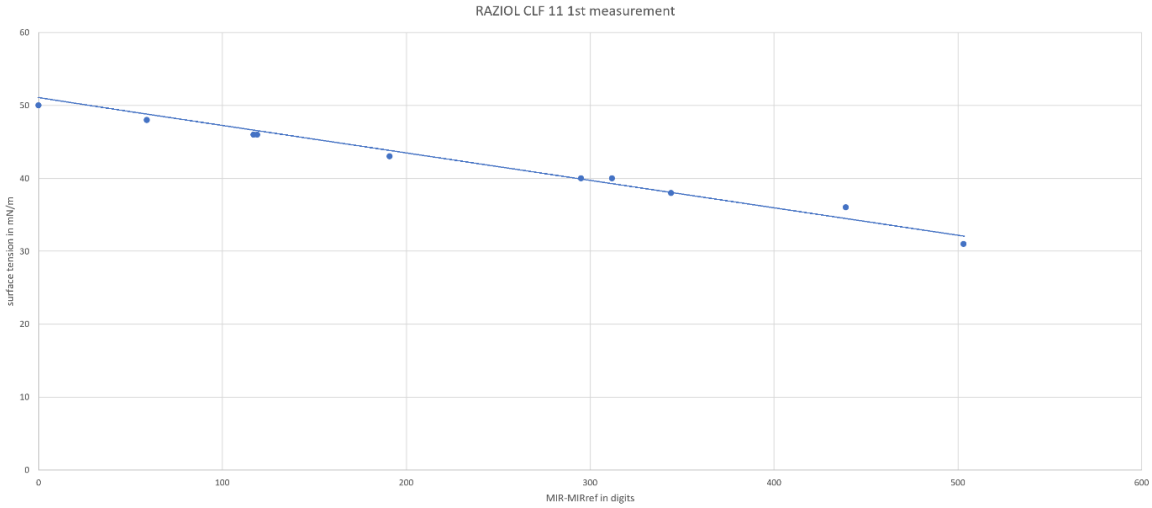


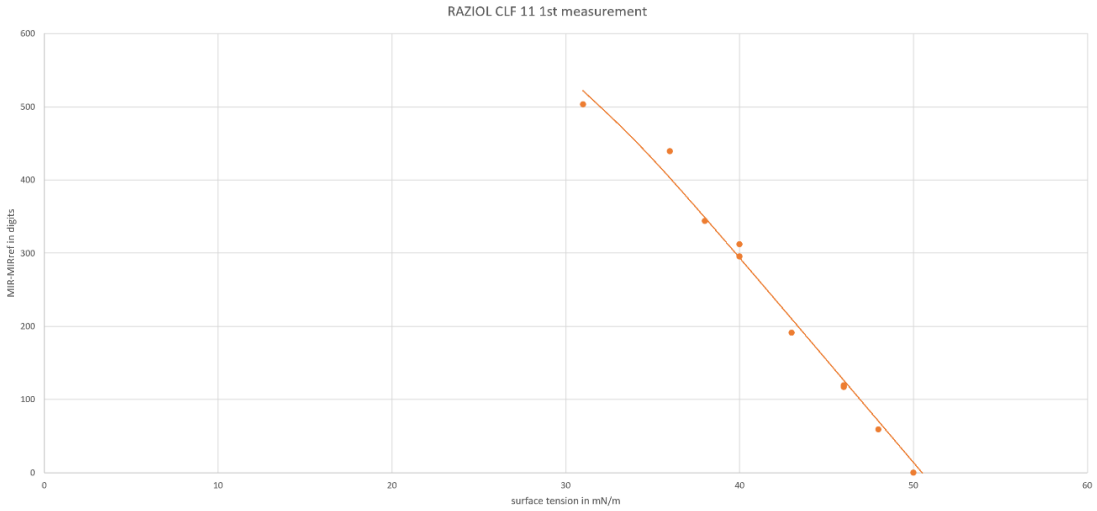
6.4.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.4.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

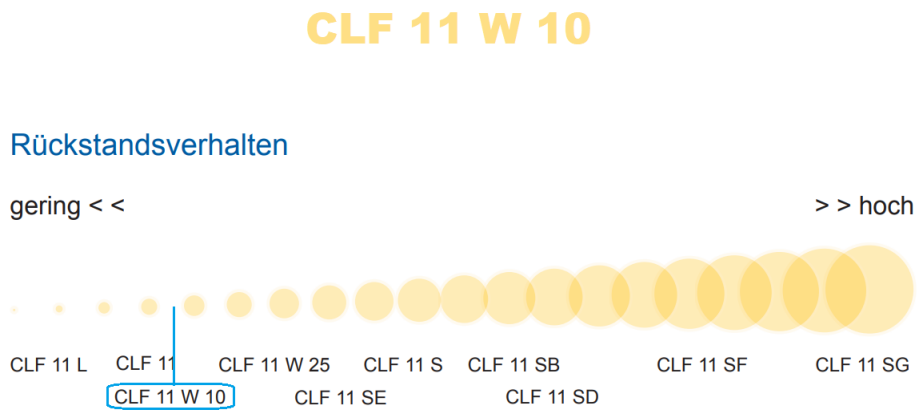




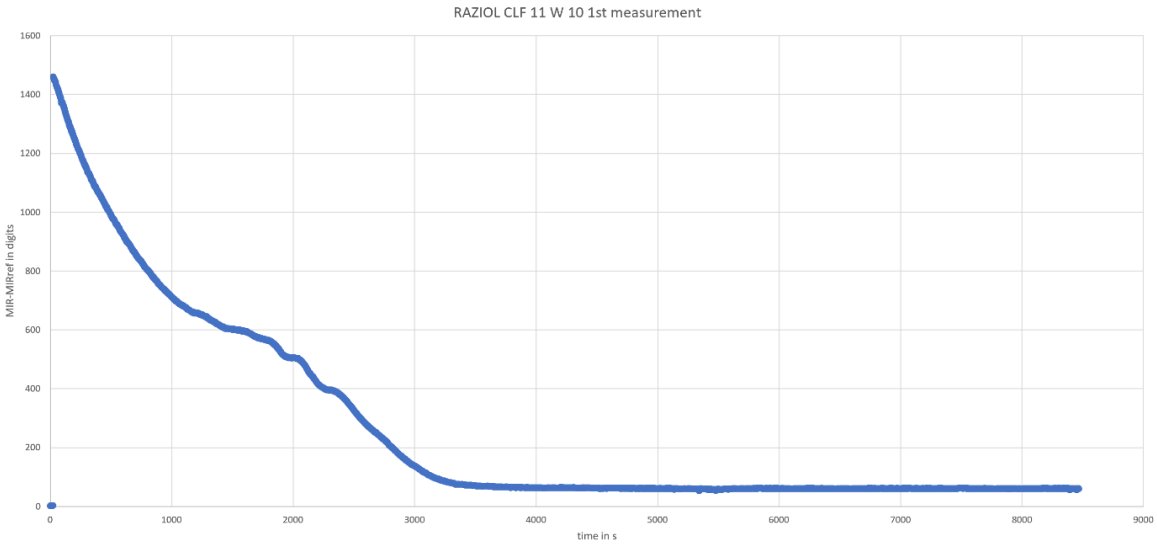
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

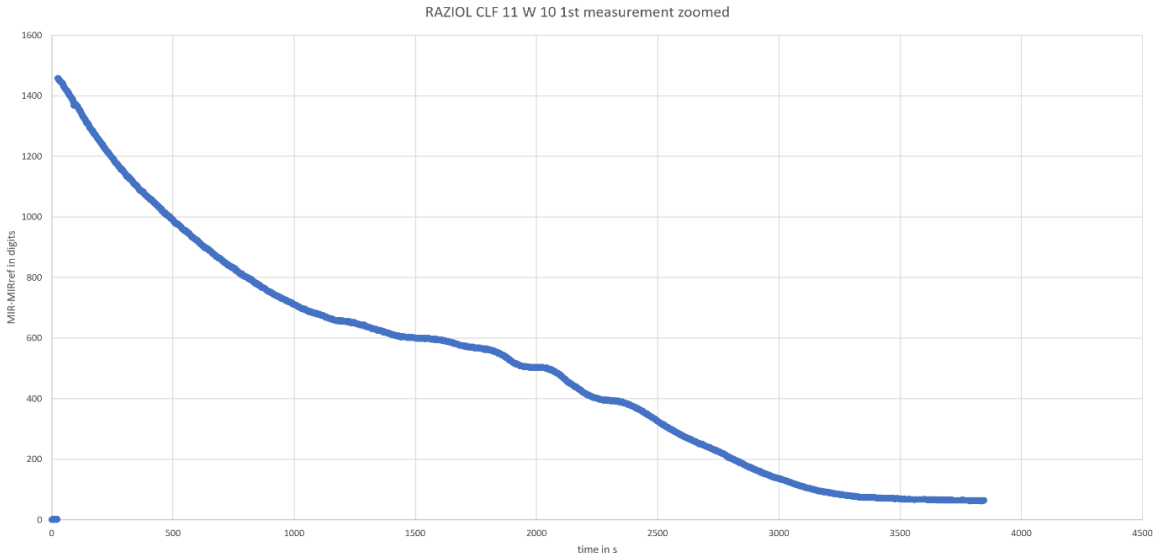
6.5 Raziol CLF 11 W 10

6.5.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



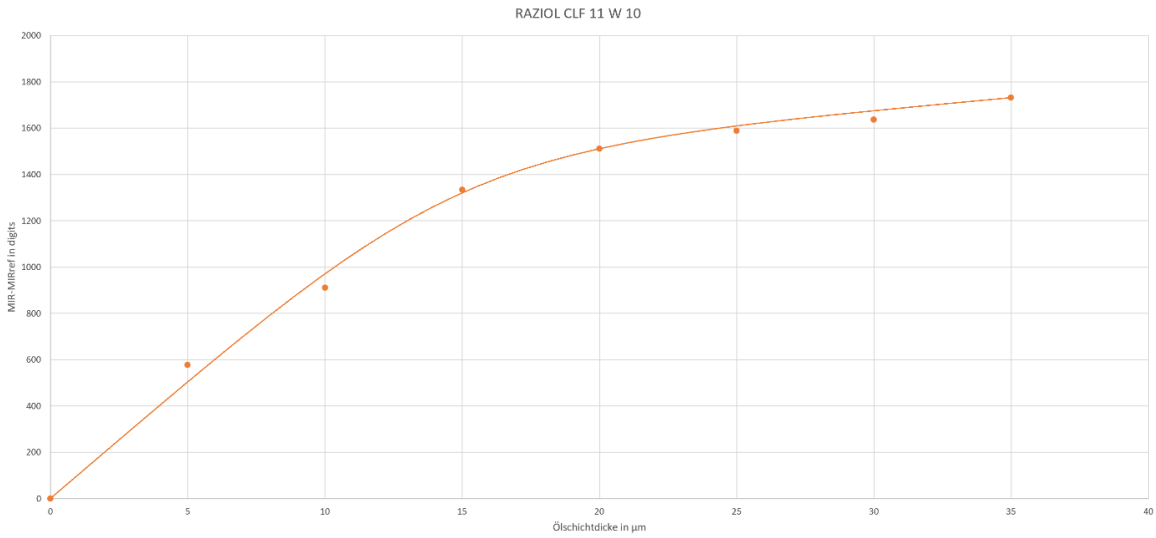
- Czas parowania: ok. 62 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 5%



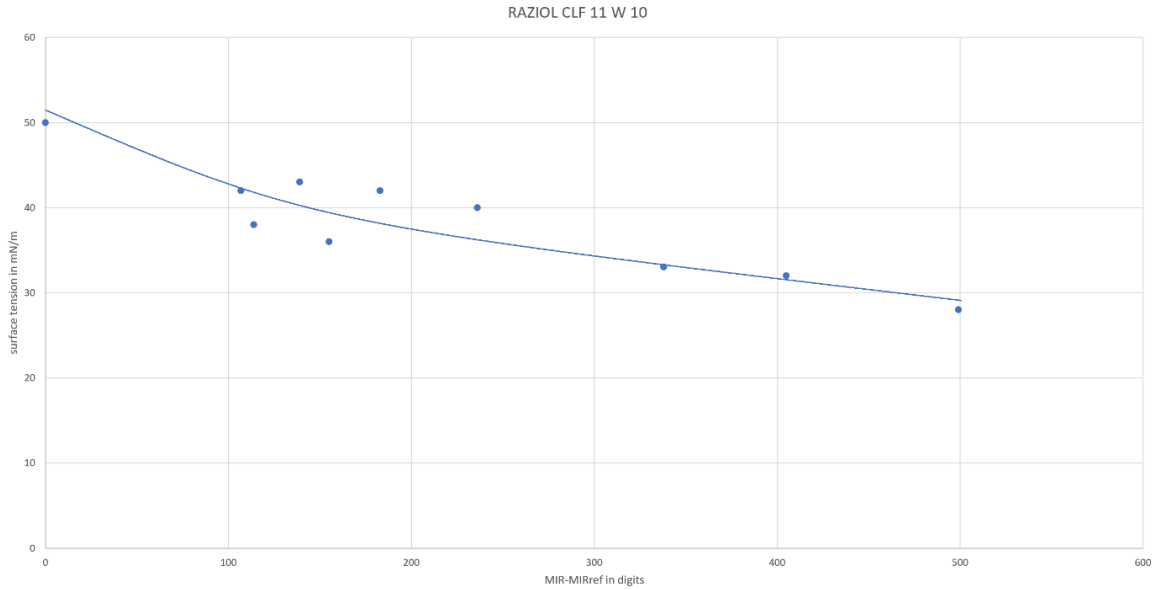


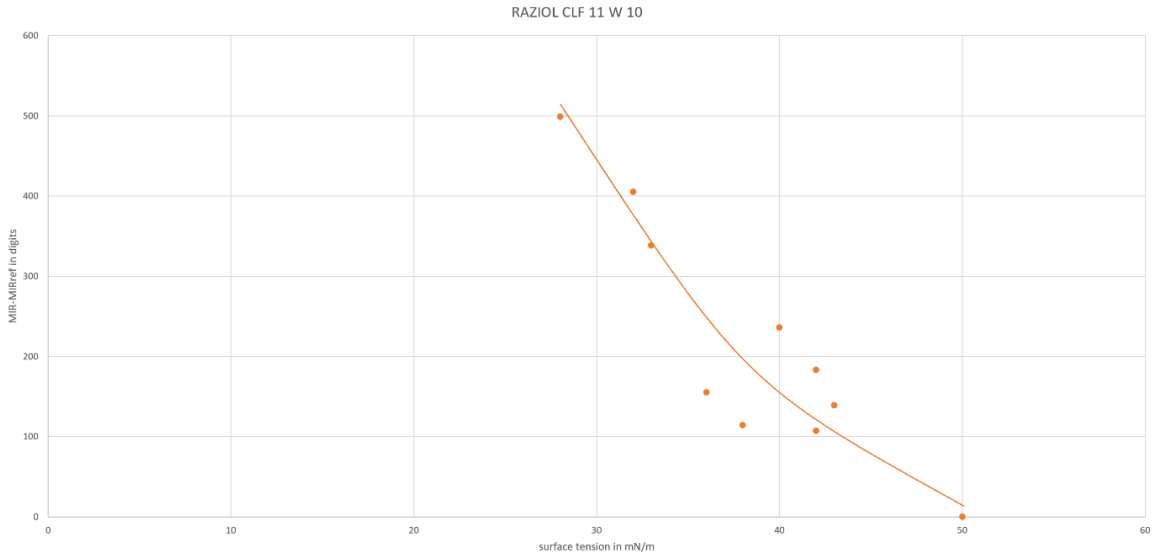
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.5.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.5.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

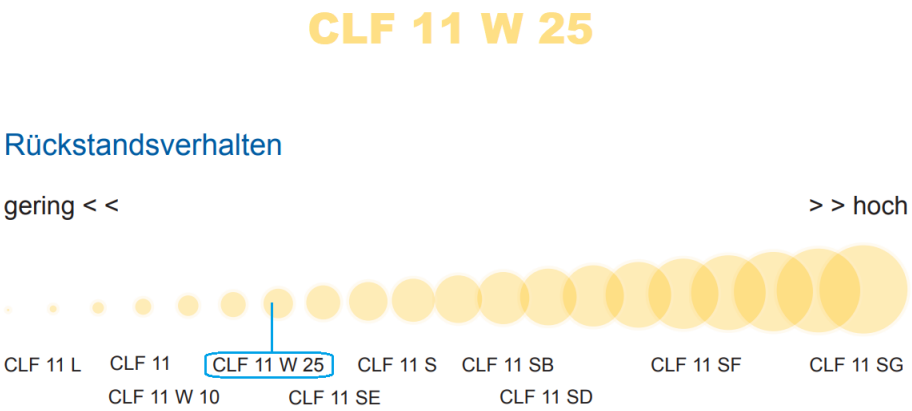




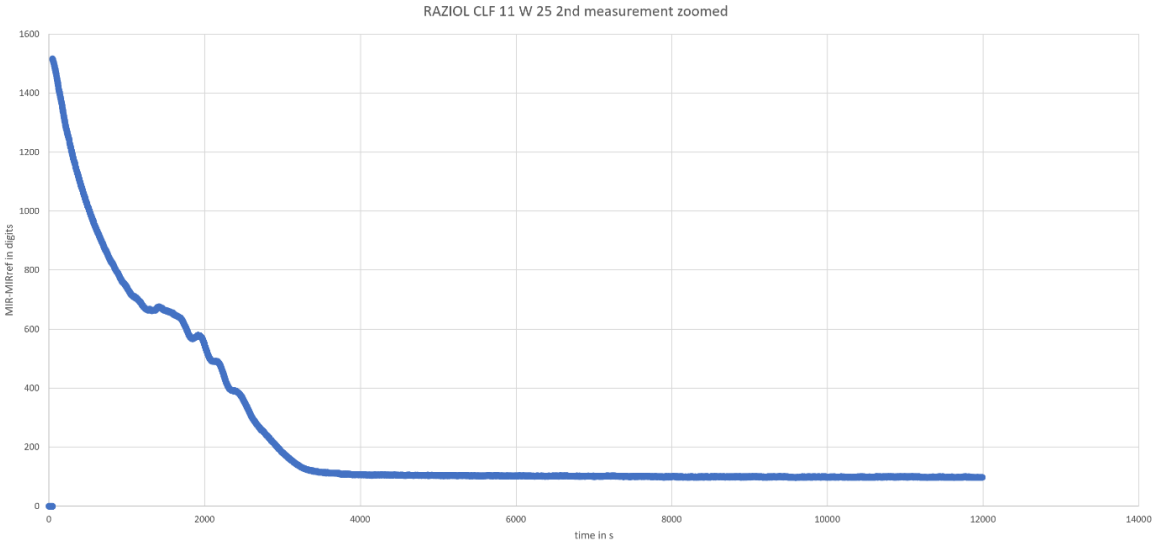
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

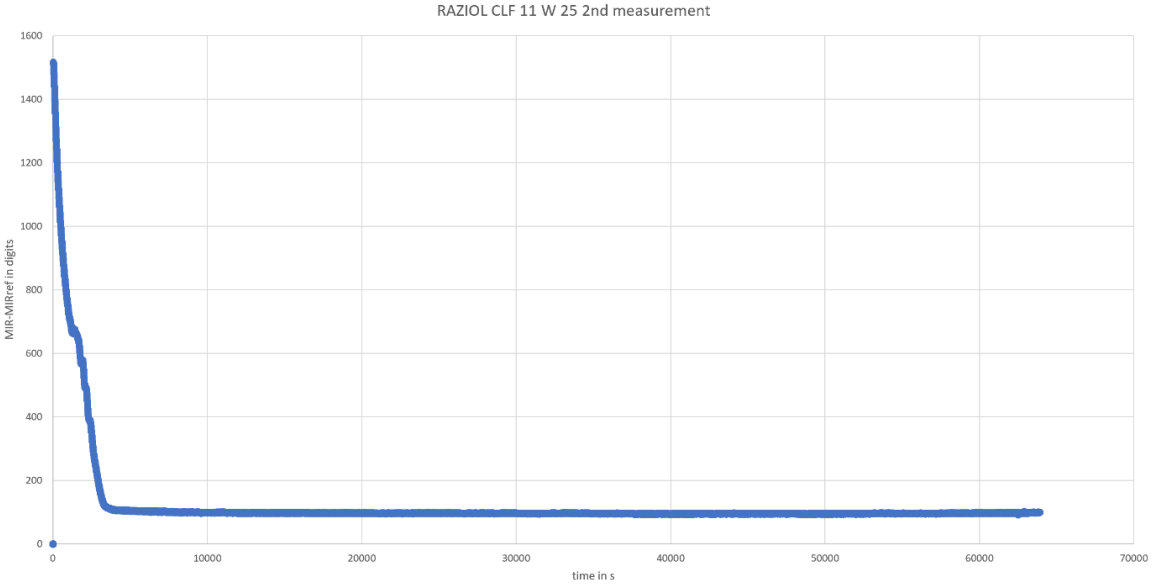
6.6 Raziol CLF 11 W 25

6.6.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



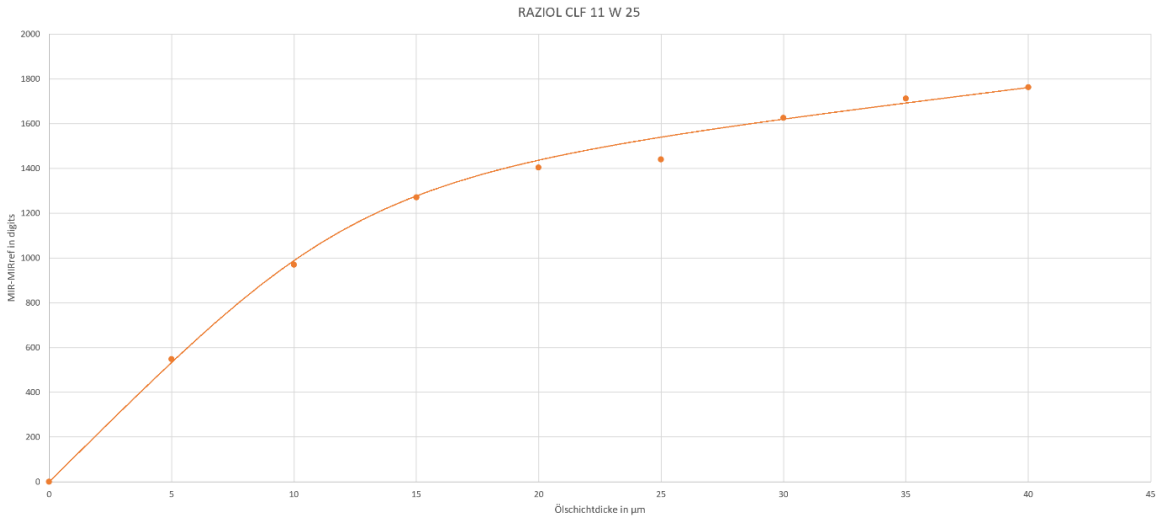
- Czas parowania: ok. 58 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 7%



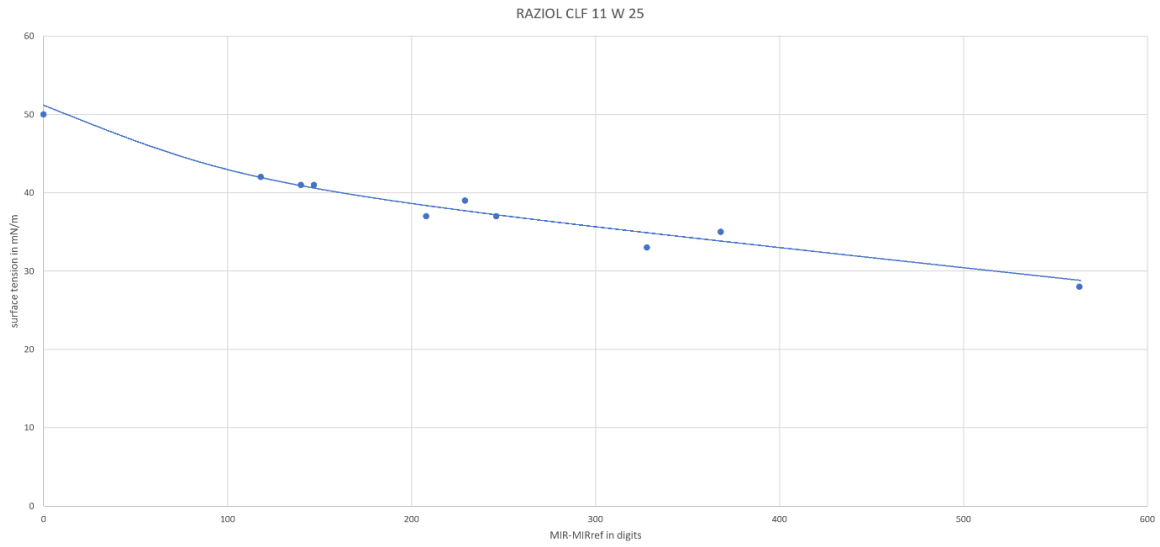


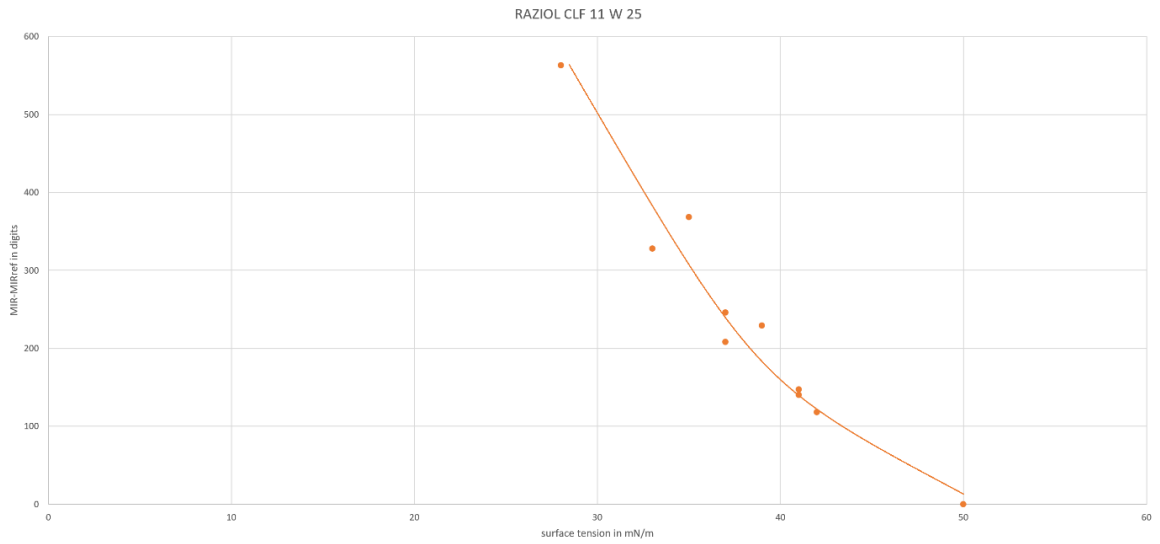
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.6.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.6.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

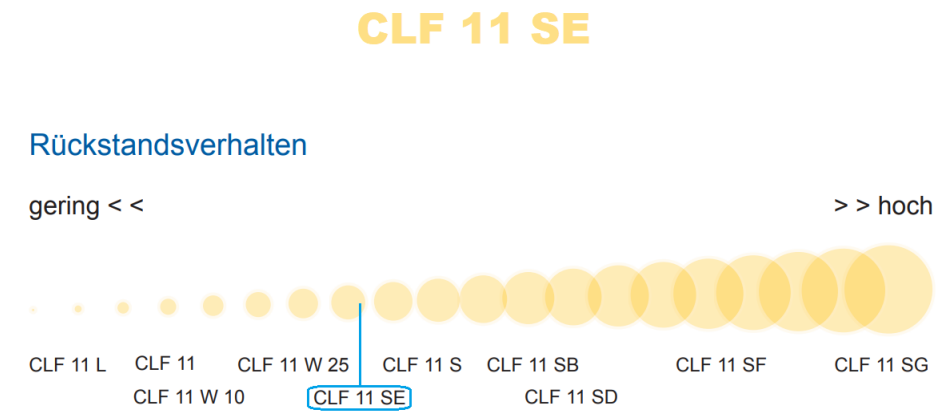




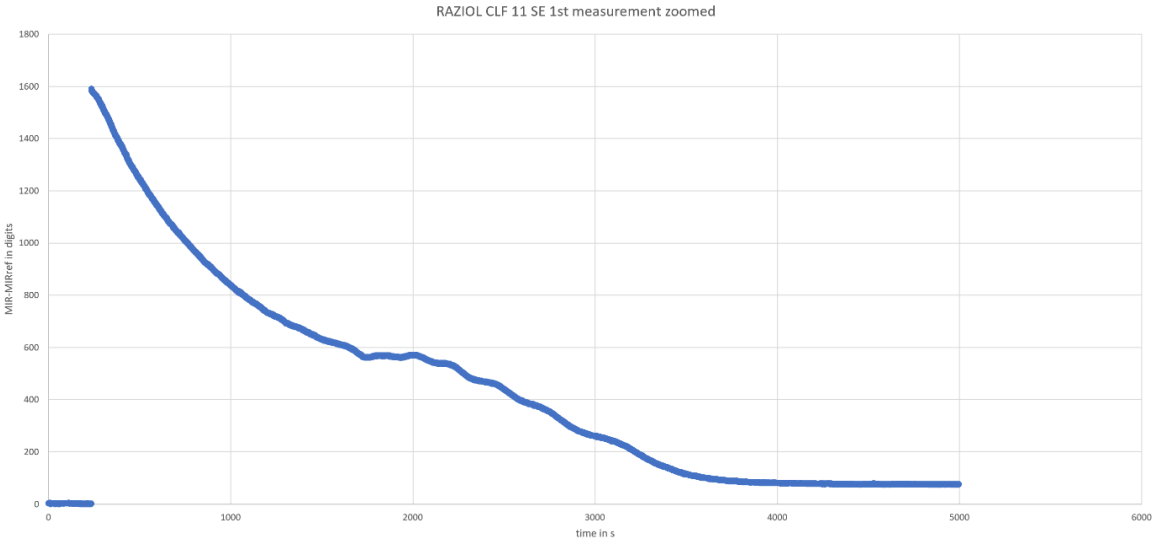
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

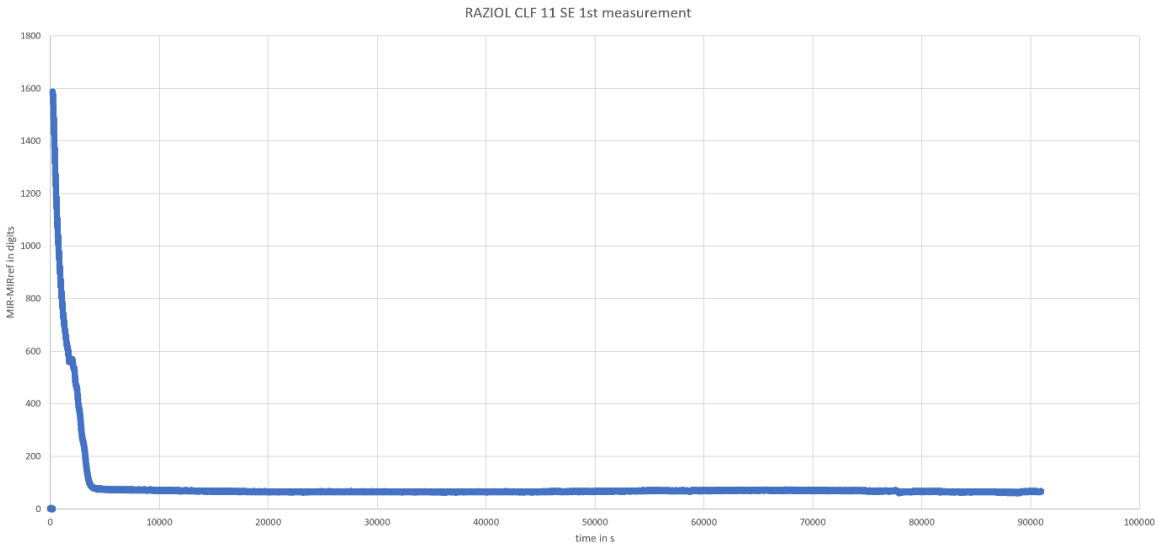
6.7 Raziol CLF 11 SE

6.7.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



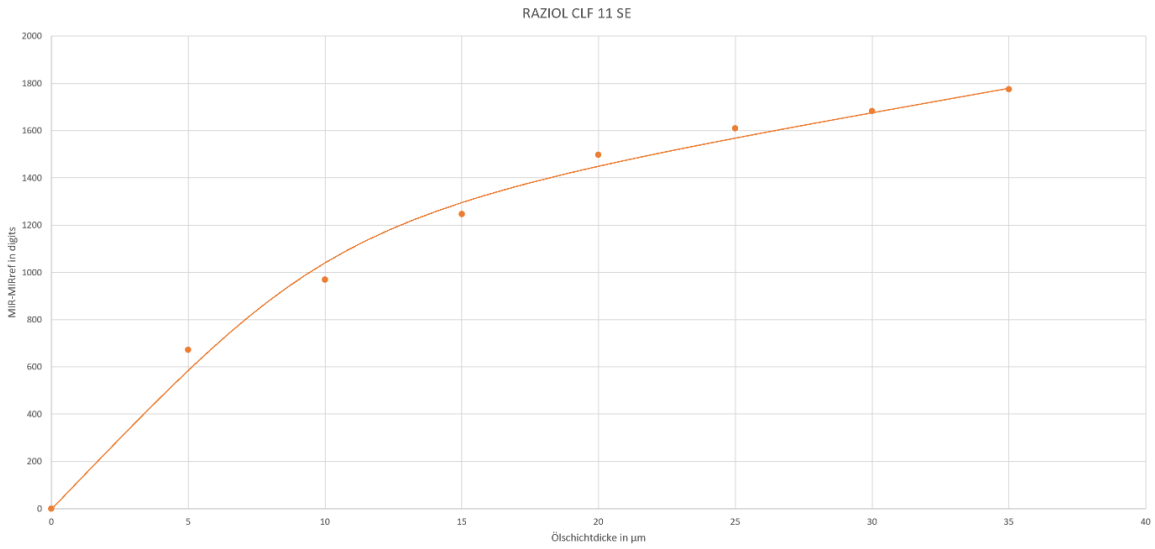
- Czas parowania: ok. 60 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 5%



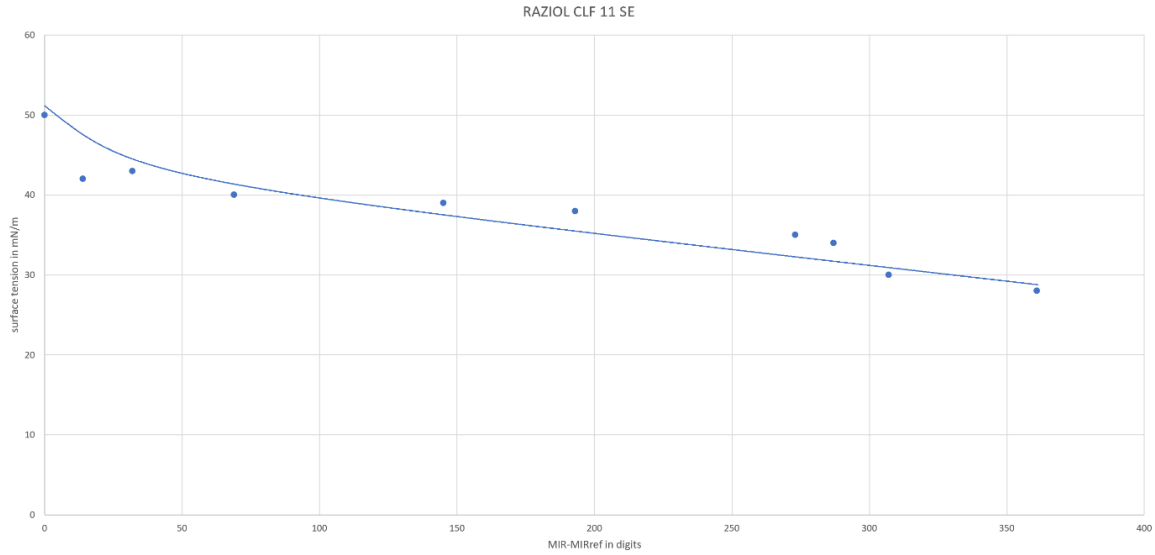


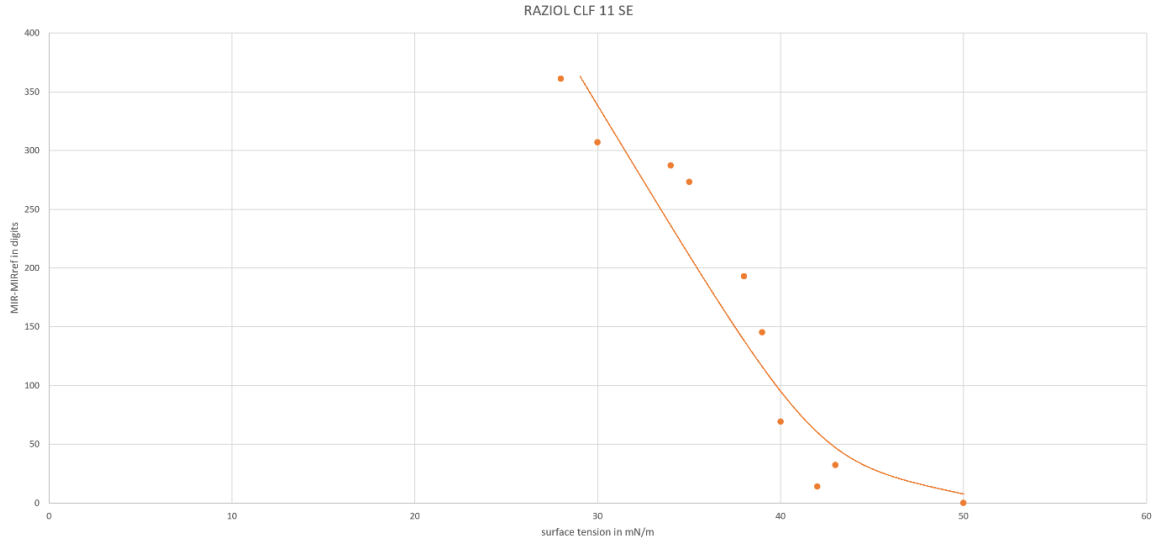
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.7.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.7.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

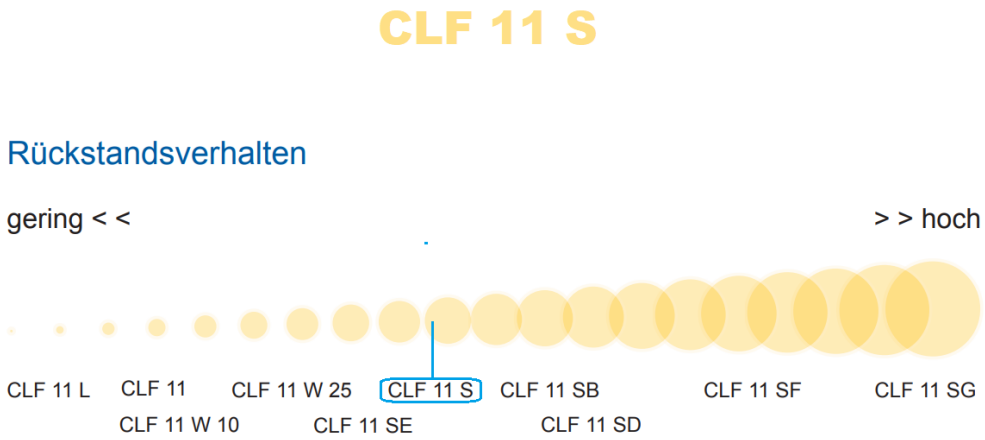




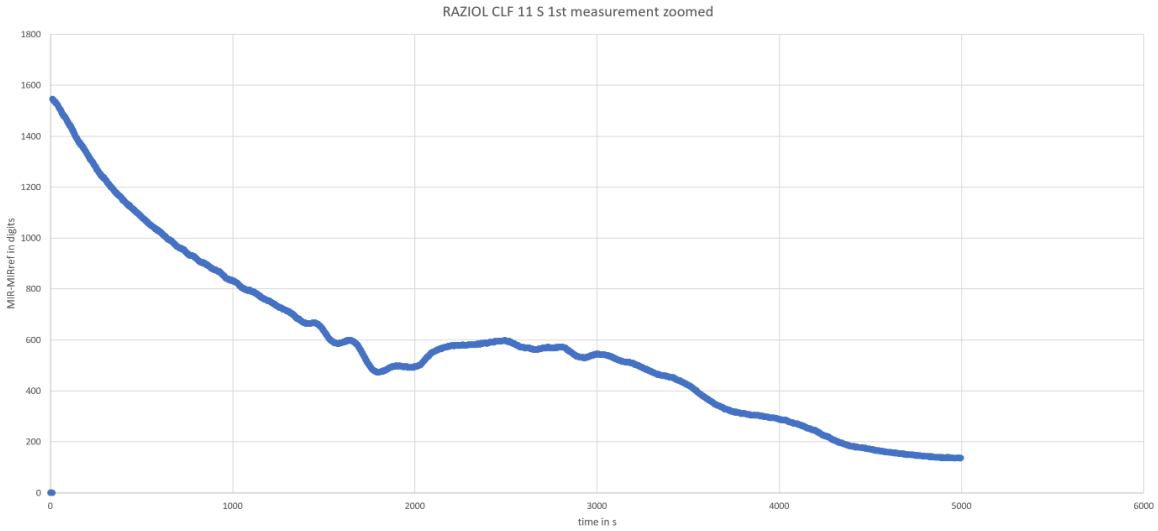
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

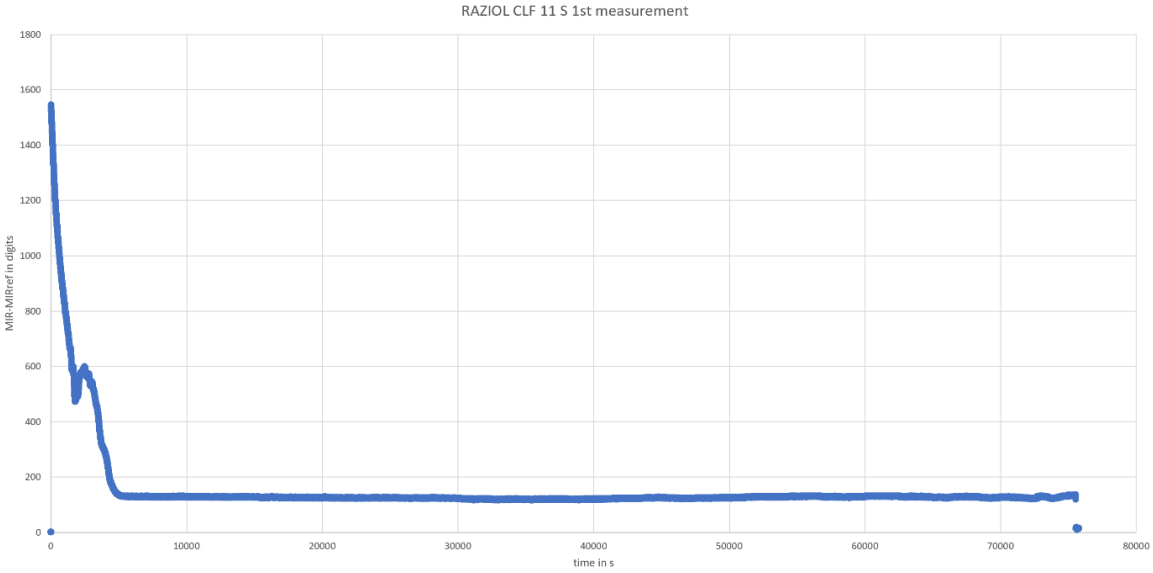
6.8 Raziol CLF 11 S

6.8.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



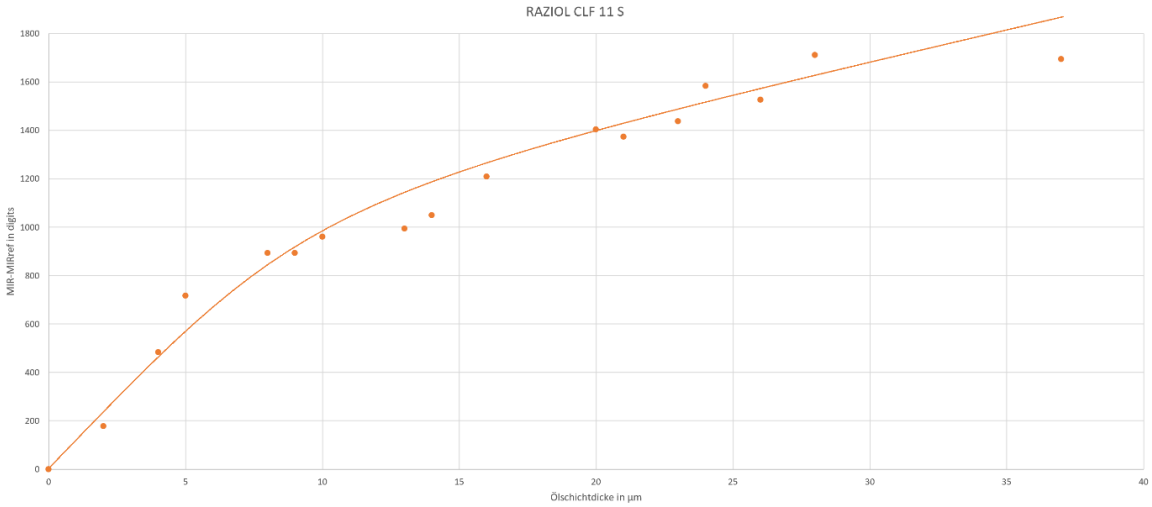
- Czas parowania: ok. 83 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 10%



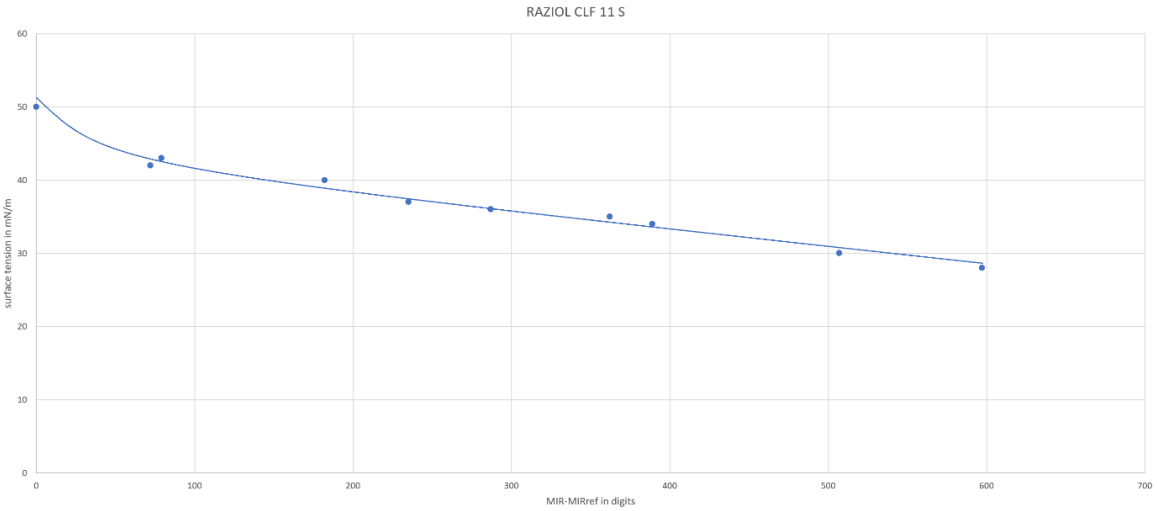


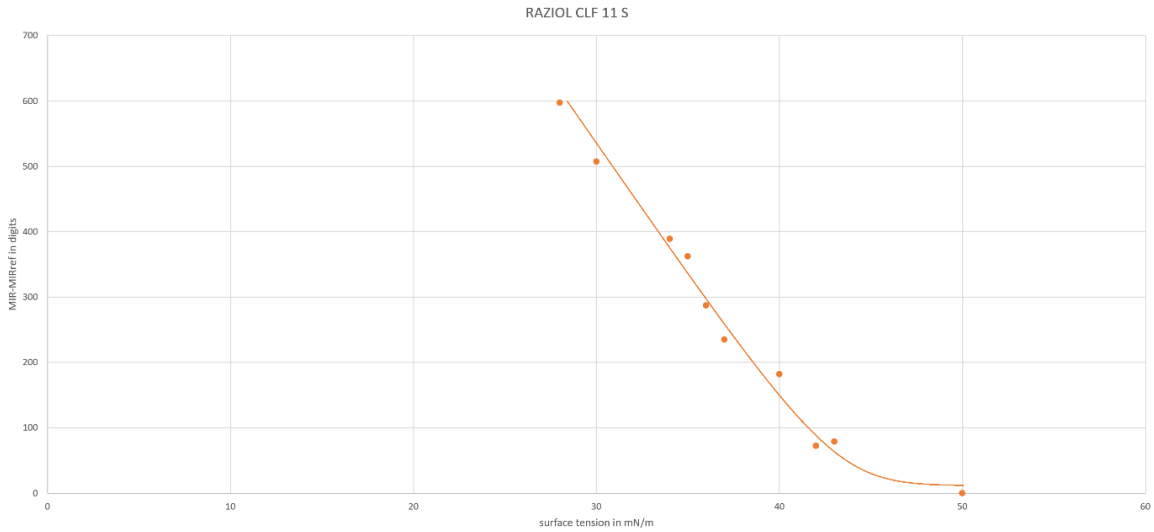
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.8.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.8.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

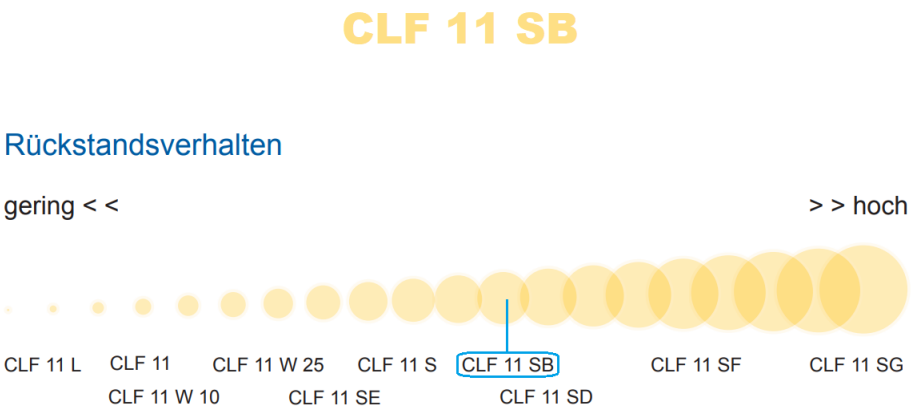




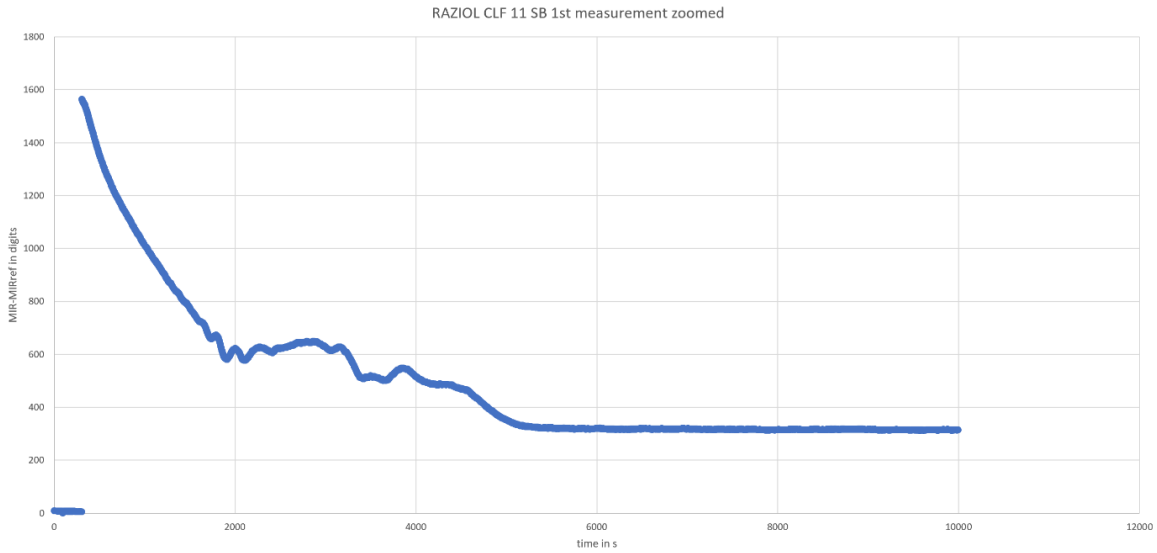
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

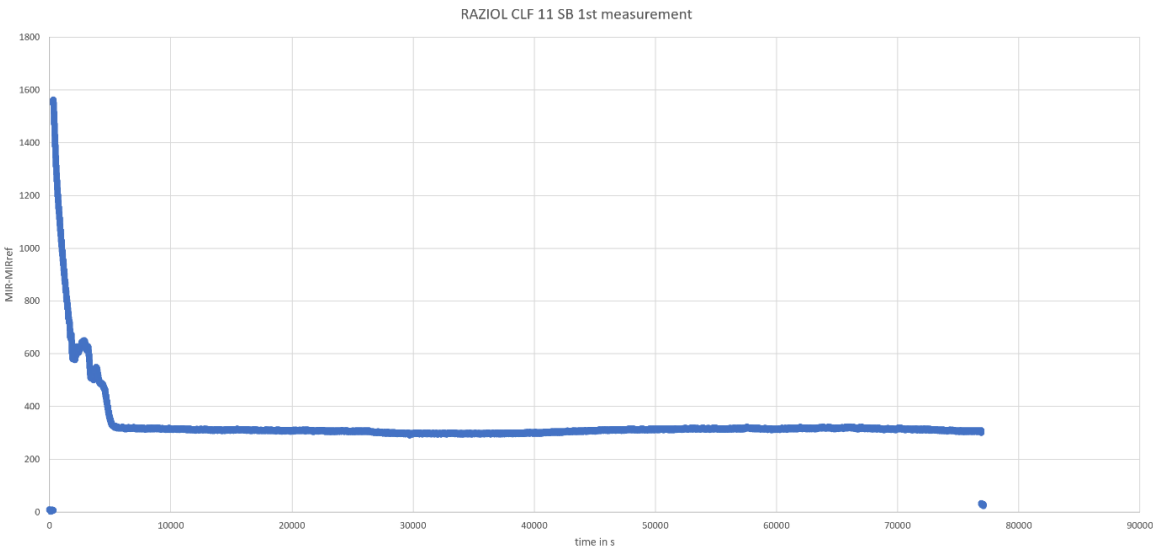
6.9 Raziol CLF 11 SB

6.9.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



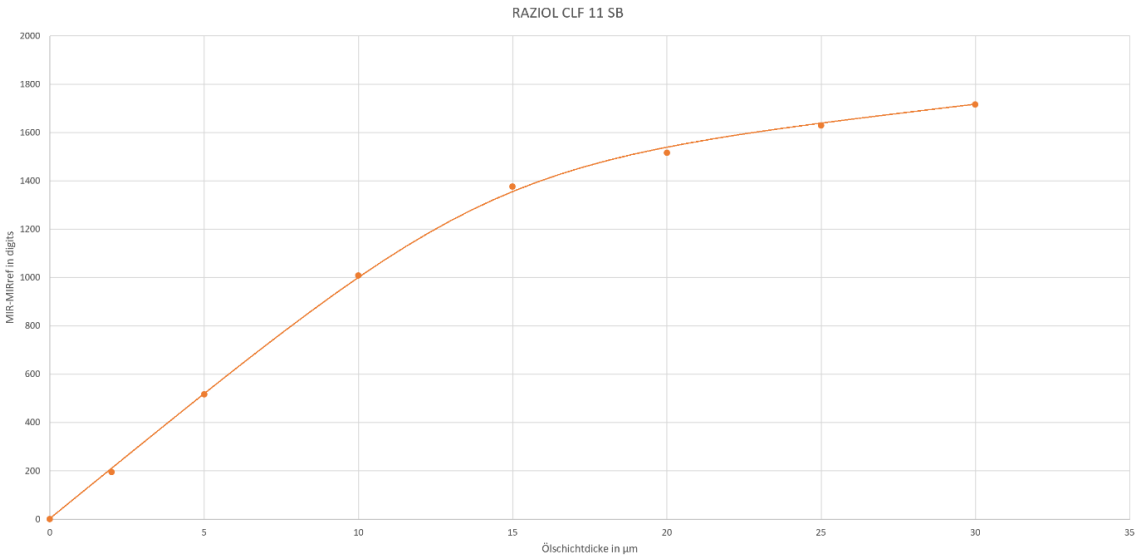
- Czas parowania: ok. 72 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 21%



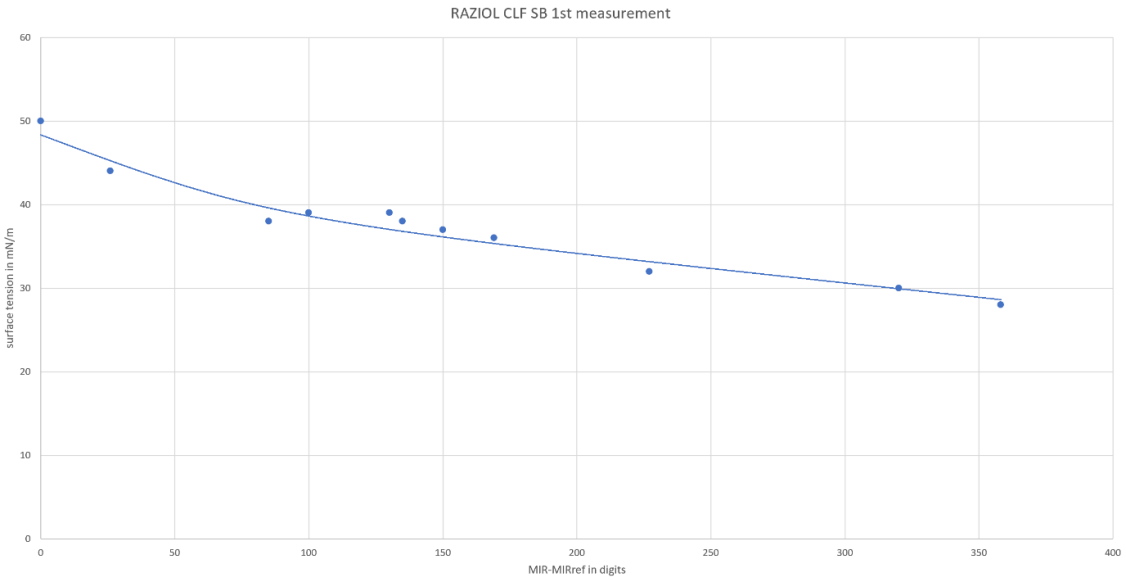


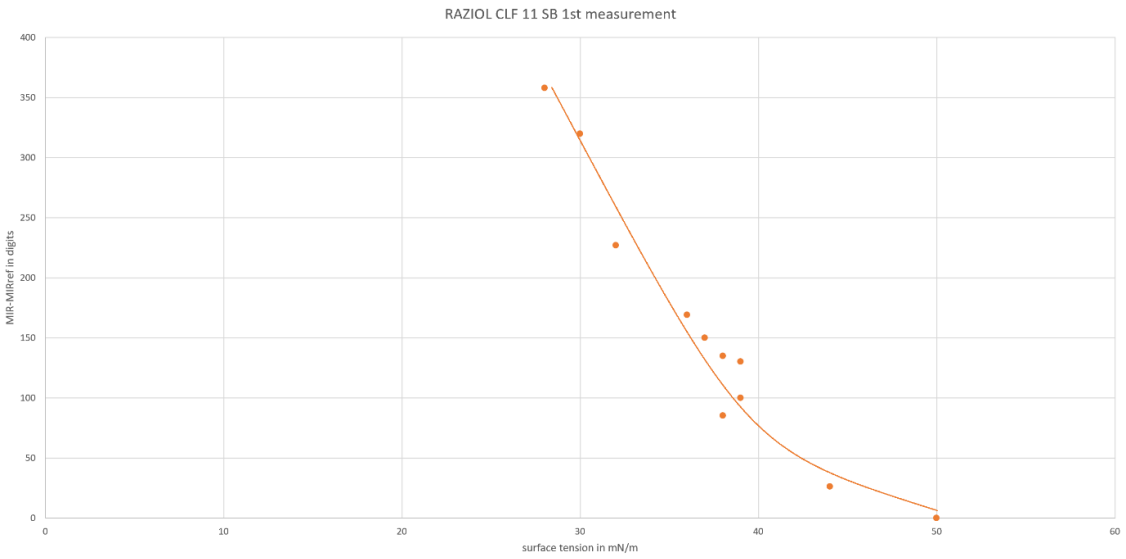
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.9.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.9.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

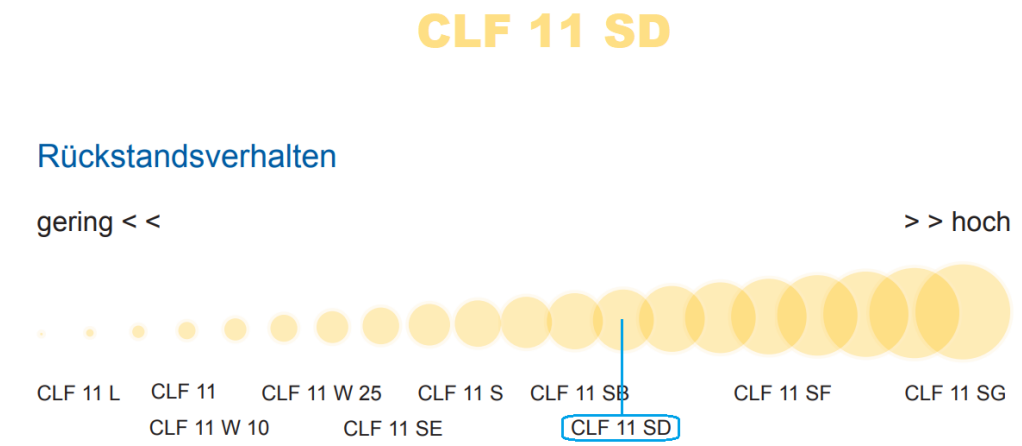




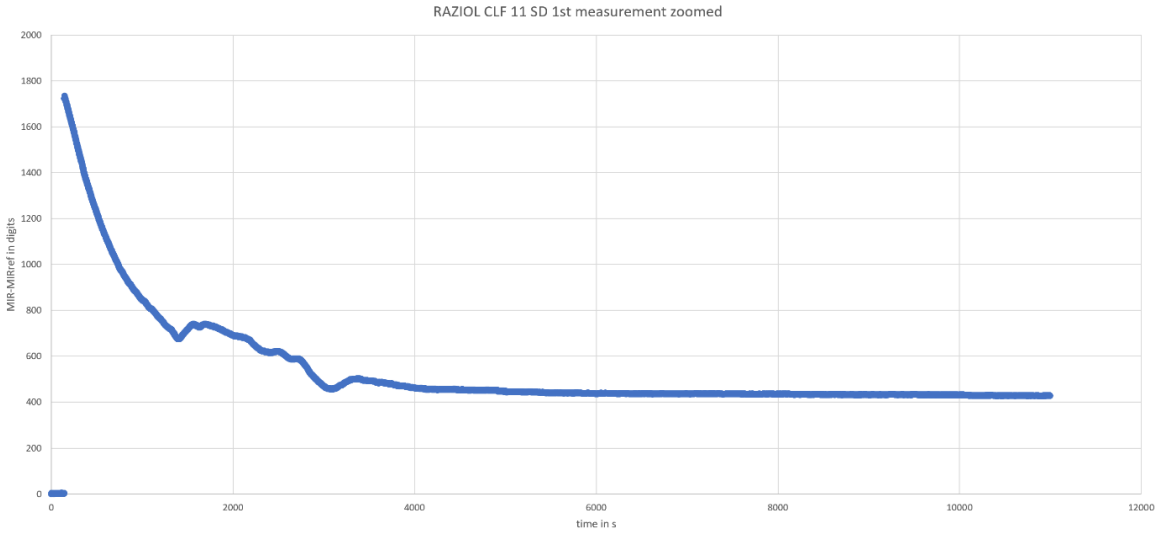
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

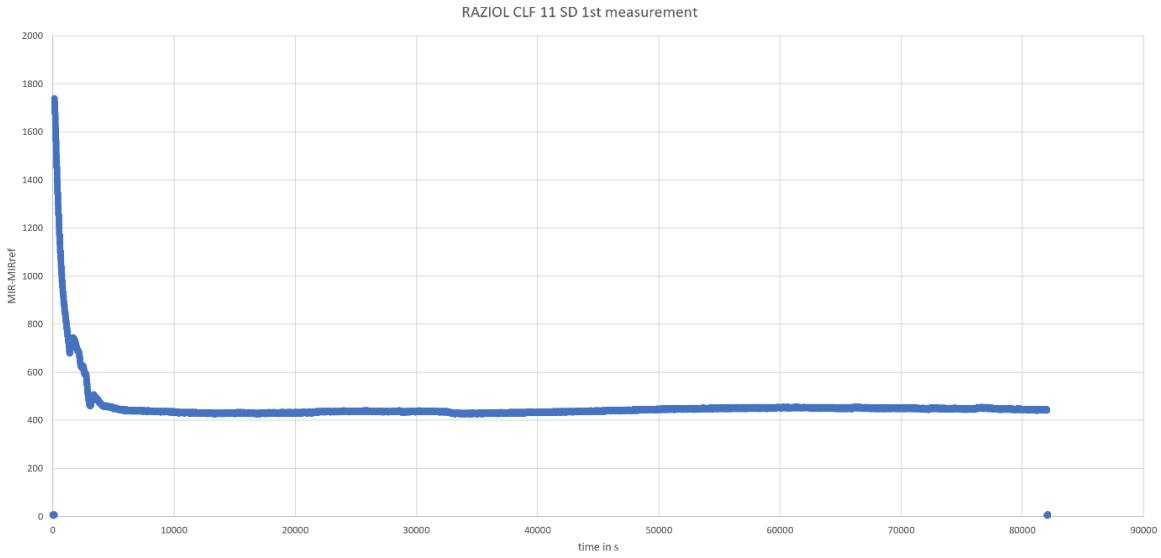
6.10 Raziol CLF 11 SD

6.10.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



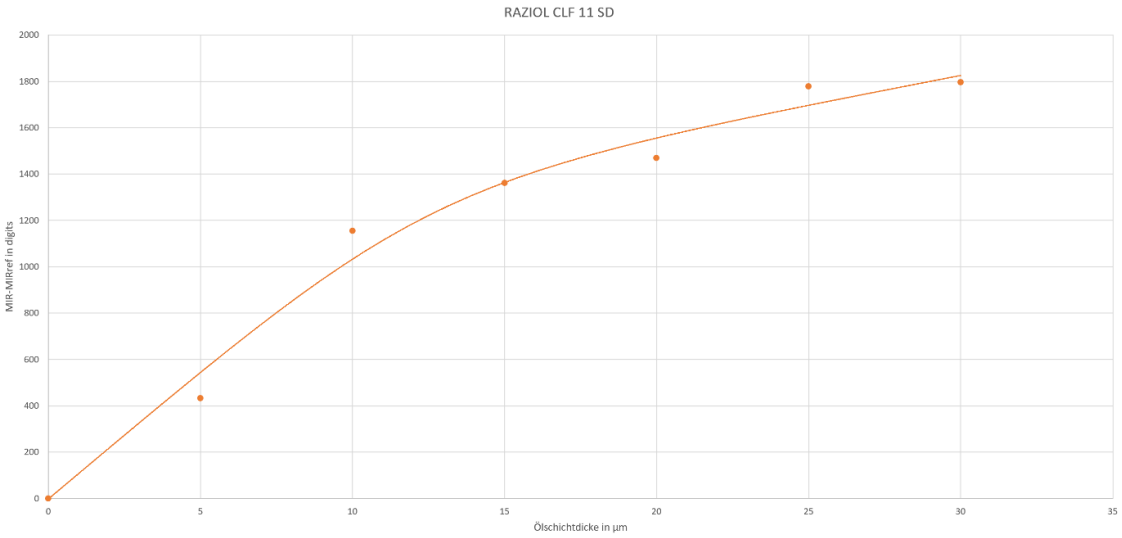
- Czas parowania: ok. 76 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 24%



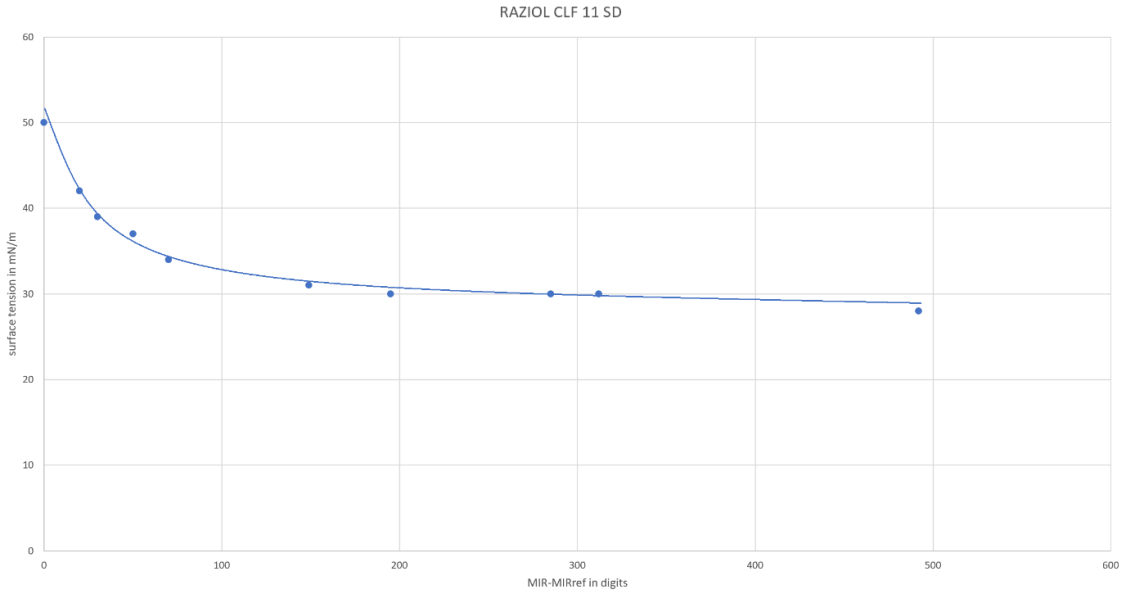


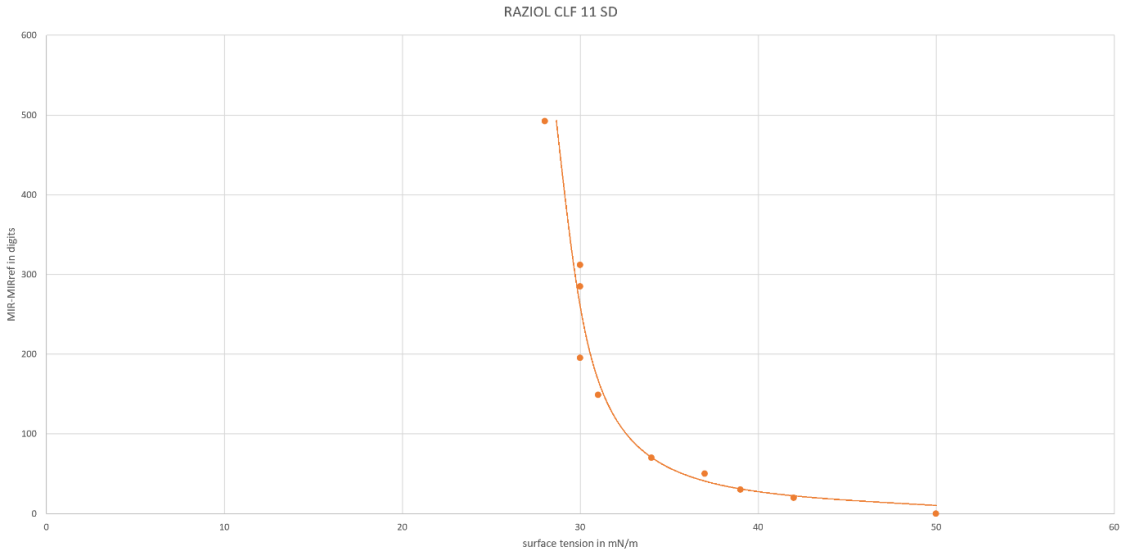
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.10.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.10.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

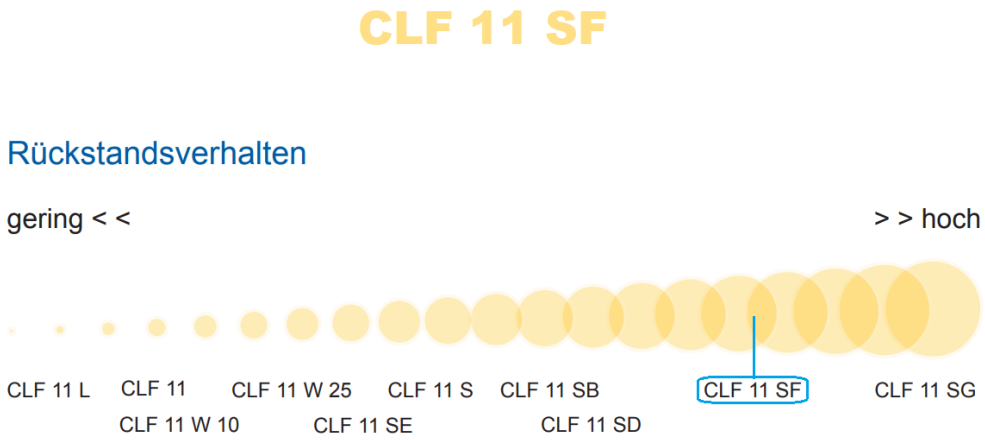




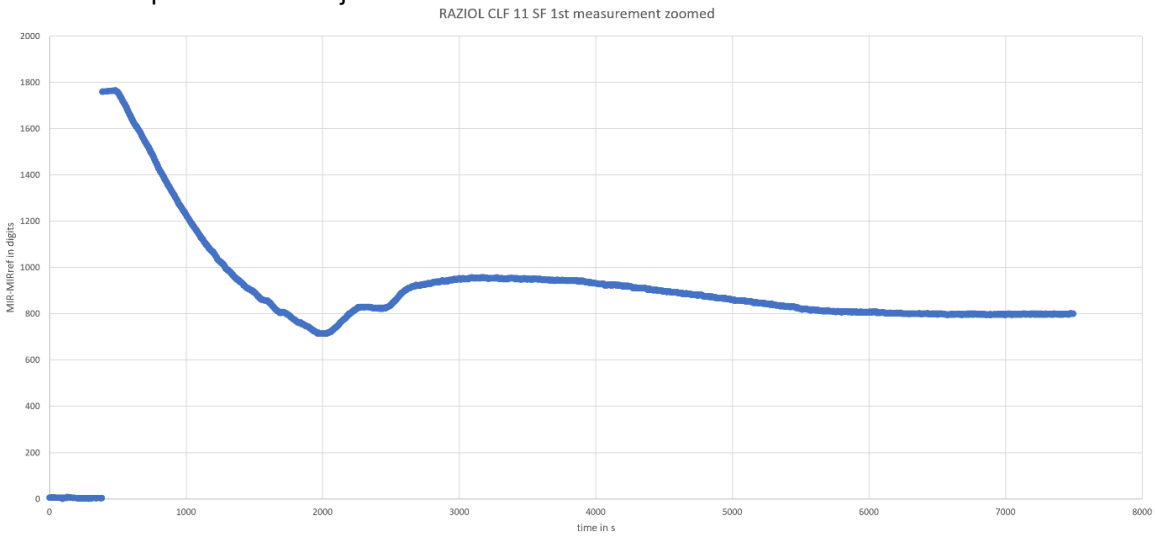
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

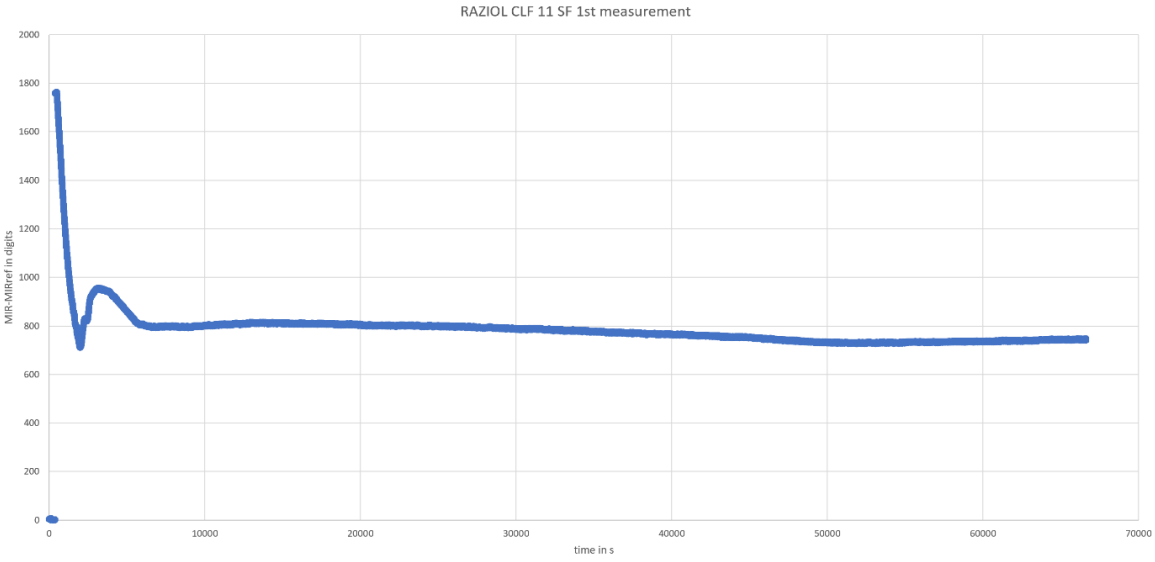
6.11 Raziol CLF 11 SF

6.11.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju



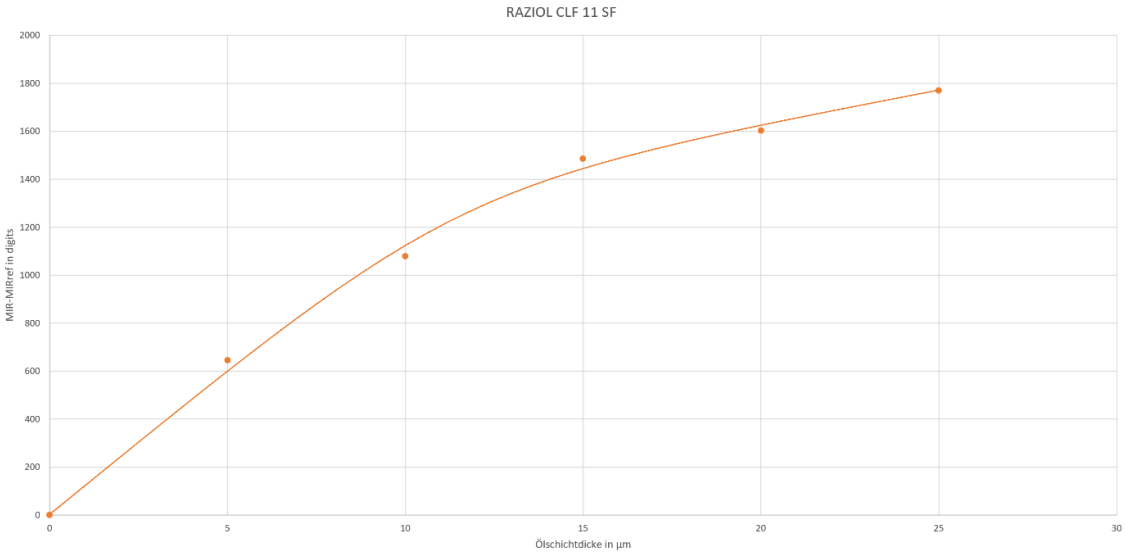
- Czas parowania: ok. 83 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 45%



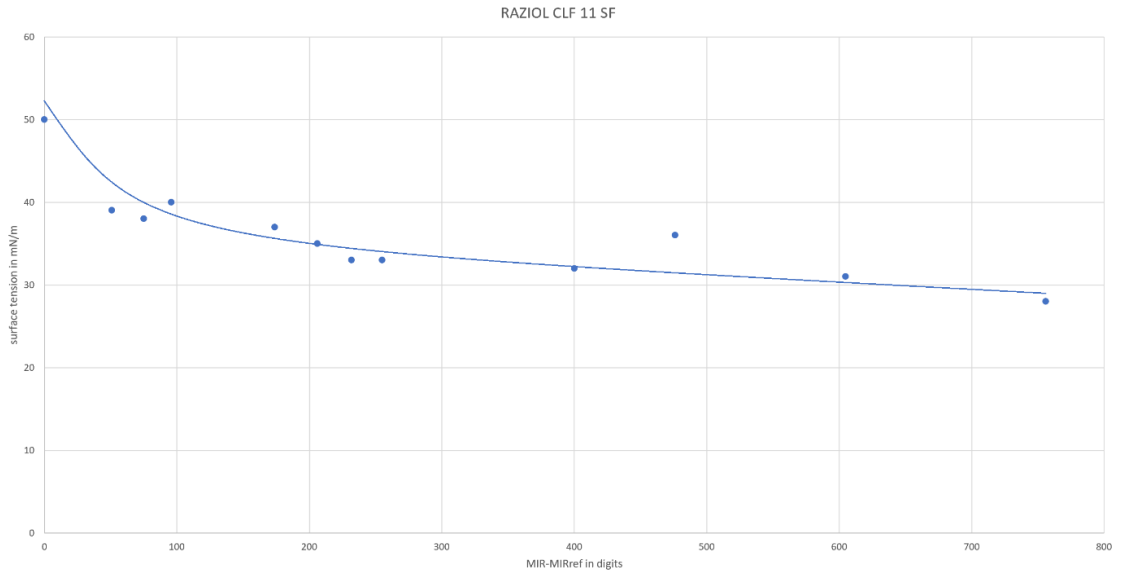


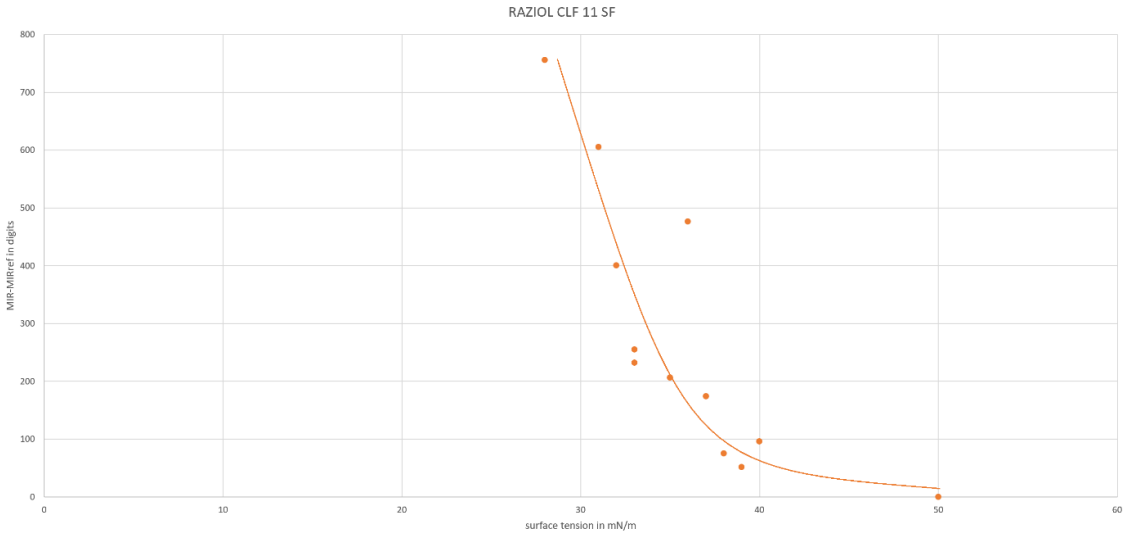
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

6.11.2 Korelacja między grubością warstwy oleju a zmierzonym sygnałem znormalizowanym



6.11.3 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego

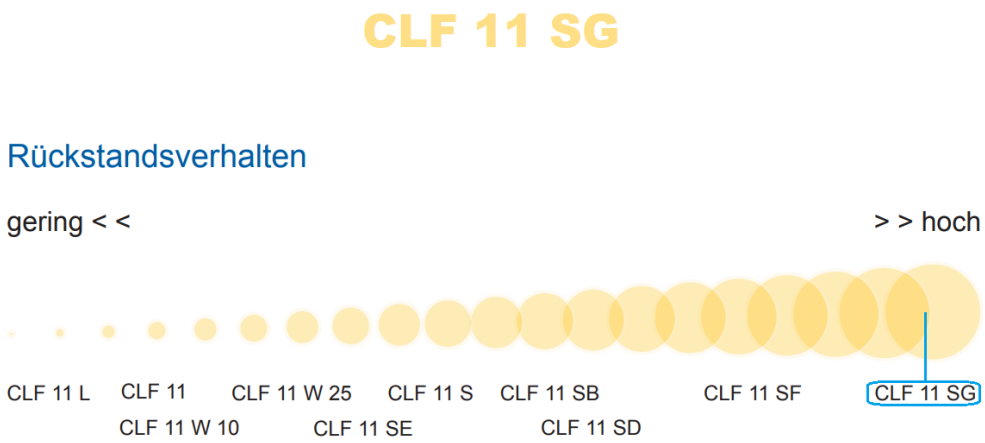




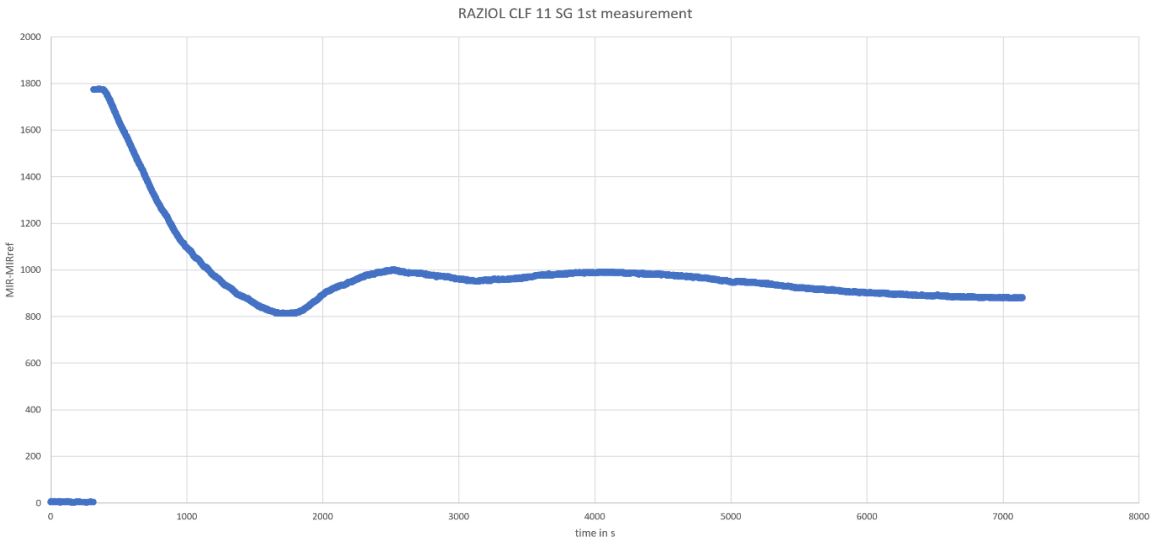
Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

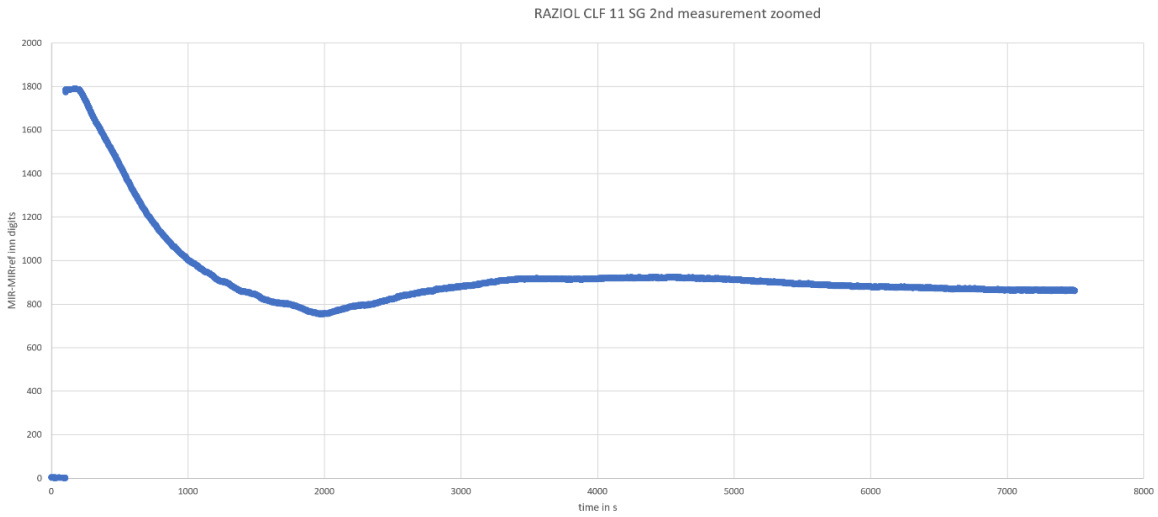
6.12 Raziol CLF 11 SG

6.12.1 Czas parowania frakcji lotnych zawartych w oleju

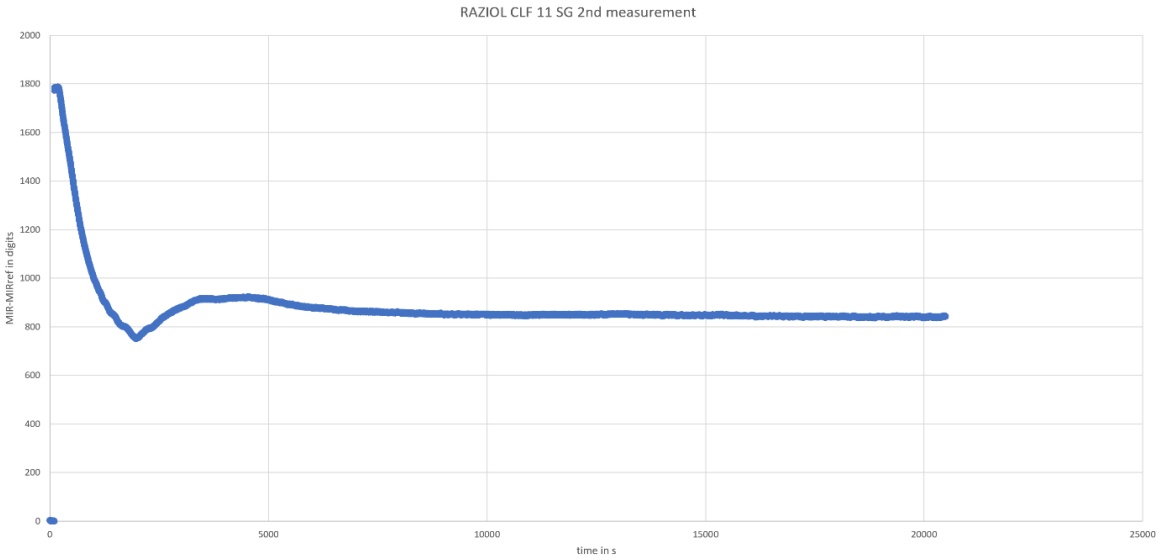


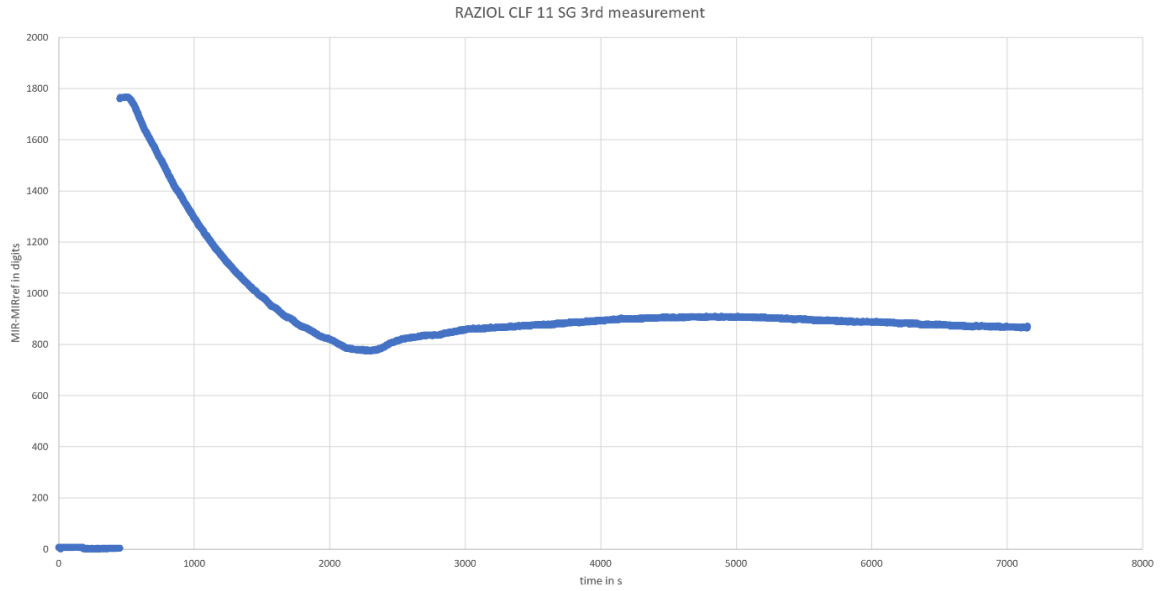
- Czas parowania: ok. 100 min
- Ilość pozostałości oleju: ok. 48%



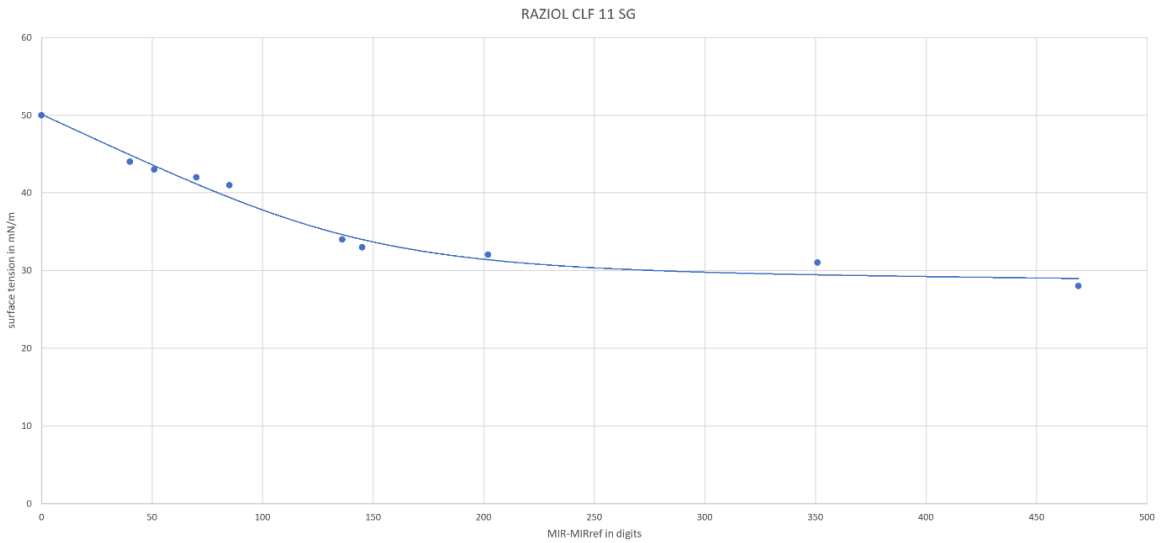


Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de

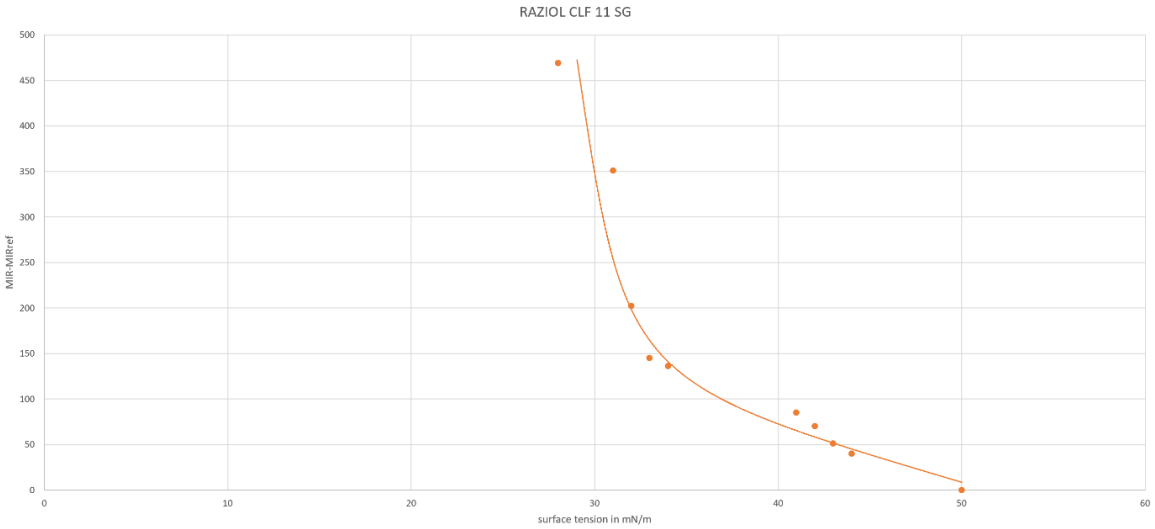




6.12.2 Znormalizowany sygnał czujnika w zależności od napięcia powierzchniowego



Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de



Sensor Instruments GmbH • Schlinding 11 D-94169 Thurmansbang • www.sensorinstruments.de
• Tel.:+49 8544 9719-0 • Faks +49 8544 9719-13 • e -mail: info@sensorinstruments.de