

Prova n° 6

Determinazione della viscosità degli
oli secondo i metodi normalizzati

Introduzione

La viscosità dinamica si può definire come la proprietà che caratterizza la dipendenza tra tensioni interne e velocità di scorrimento tra due strati fluidi separati da tale scorrimento avviene senza turbolenza. Tale dipendenza è espressa dal principio di Newton per correnti piane in cui ogni punto è dotato della sola componente di velocità v_x :

$$\tau = \eta \frac{\partial v_x}{\partial y} \quad - \text{ principio di Newton -}$$

"La resistenza di scorrimento τ che sussiste fra due elementi mitari paralleli adiacenti distanti nel verso della corrente, è proporzionale all'incremento di velocità per unità di lunghezza in direzione perpendicolare al senso della corrente $(\frac{\partial v_x}{\partial y})$ " (tabella VNI 1558 - 1562)

La costante di proporzionalità η è la viscosità dinamica.

Essendo : $[\tau] = MLT^{-2}/L^2$

$$[\frac{\partial v_x}{\partial y}] = LT^{-1}/L = T^{-1}$$

si ha : $[\eta] = ML^{-1}T^{-1} = MLT^{-2} \cdot T/L^2$

Le unità di misura della viscosità dinamica sono dunque:

sistema c.g.s : $[\eta] = g \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1} = \text{Poise (simbolo: P)}$

sistema M.K.S. : $[\eta] = Kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$

sistema tecnico : $[\eta] = Kg_f \cdot m^{-2} \cdot s$

sistema internazionale S.I. : $[\eta] = Kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$

Il sistema S.I. attualmente in vigore consiglia però di misurare la viscosità dinamica nel modo seguente, in funzione di grandezze derivate e non fondamentali come visto:

$$[\eta] = \text{Pa} \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$$

essendo il Pa è l'unità di misura della pressione ossia il Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$)

L'unità non S.I. transitoriamente tollerata è il centipoise: $1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Viene definita anche la viscosità cinematica ν , rapporto tra η e la densità ρ :

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} = \frac{\text{g}}{\text{g}} \eta$$

essendo: $[\eta] = \text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$

$$[\rho] = \text{ML}^{-3}$$

si ha: $[\nu] = \text{L}^2\text{T}^{-1}$

Le unità di misura della viscosità cinematica sono dunque:

sistema c.g.s.: $[\nu] = \text{cm}^2 \text{ s}^{-1} = \text{Stokes}$ (simbolo: St)

sistema M.K.S.: $[\nu] = \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

sistema tecnico: $[\nu] = \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

sistema internazionale S.I.: $[\nu] = \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

L'unità non S.I. transitoriamente tollerata è il centistokes: $1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Le misure di viscosità si effettuano con i viscosimetri.
Si tratta sempre di misurare il tempo di efflusso di una
quantità nota di fluido ad una certa temperatura at-
traverso un foro calibrato.

Con i viscosimetri si effettua la misura della viscosità cinematica ν ; vediamo il perché.

Il tempo di deflusso è influenzato dalla continua va-
riazione di battente che si ha col deflusso stesso, inol-
tre gli olii più densi danno una pressione maggiore e
quindi fluiscono più rapidamente:

può accadere quindi che due fluidi di diversa vi-
scosità dinamica abbiano lo stesso tempo di deflusso
in virtù di un diverso valore di γ , ossia di un egual
valore della viscosità cinematica: è chiaro quindi che
è quest'ultima la viscosità misurata.

La misura data dai viscosimetri è una misura conven-
zionale espressa in scale convenzionali: dai valori
così ottenuti si può passare alla effettiva misura di visco-
sità in $m^2 s^{-1}$ o cSt solo solo attraverso tabelle o
formule empiriche.

Descrizione e caratteristiche dei viscosimetri normaliz-
zati.

I viscosimetri di uso comune sono:

- visc. Engler (norme DIN)
- " Saybolt (norme americane)
- " Redwood (norme inglesi)

Il loro campo di utilizzazione è:

- viscosità (dinamica): 1 ÷ 50 cP
- temperature: 70 ÷ 210 F° (~ 21 ÷ ~ 88 °C)
- precisione: 4% per apparecchi comuni
- 2% " " da laboratorio

I limiti di viscosità sono dovuti al fatto che per va-
lori di η troppo alti il tempo di prova sarebbe trop-
po lungo e si avrebbe gocciolamento, per η troppo pic-
coli il tempo sarebbe troppo breve e si avrebbero

fenomeni di turbolenza nella vena defluente; per questo motivo la precisione della prova è comunque maggiore per fluidi a viscosità più elevata (si pensi anche che tanto più breve è il tempo di deflusso, tanto maggiore sarà l'influenza degli errori e tanto più evidenti gli errori di ripetibilità).

Le limitazioni sulle temperature invece derivano dal fatto che in generale il fluido termostatico impiegato è acqua, che può essere impiegata a partire dalla temp. ambiente fino alla temperatura di ebollizione. Quest'ultima può essere comunque innalzata con additivi speciali come il glicole etilico. Le precisioni date sono raggiungibili naturalmente solo seguendo accuratamente le modalità di prova normalizzate.

- Viscosimetro Engler -

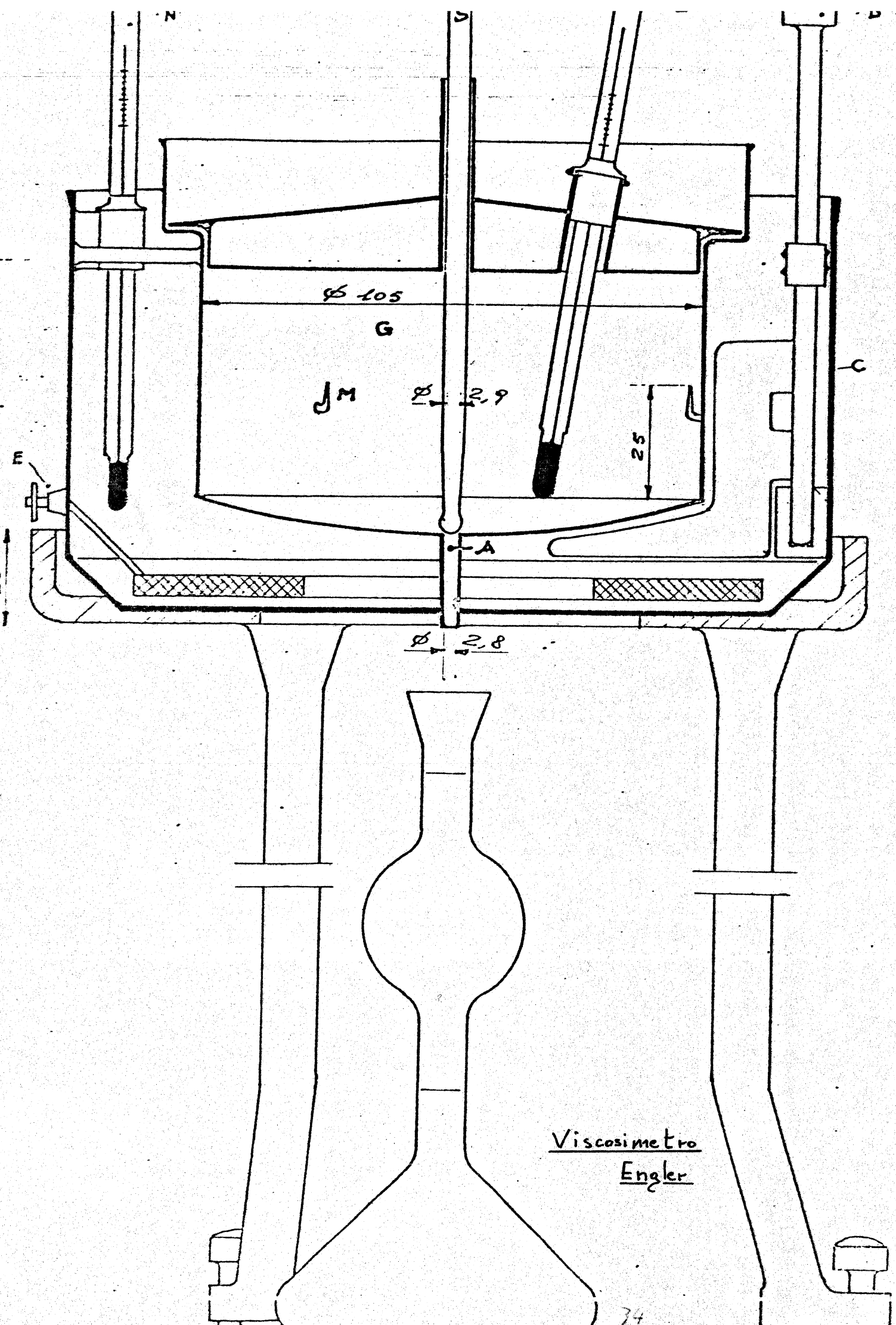
Questo viscosimetro da come risultata delle prove un numero puro:

si fanno tre prove preliminari con H_2O distillata a $20^\circ C$ che non devono differire per più di 0,5 s; la media delle tre prove è la costante dell'apparecchio.

Poi si fa la prova con il fluido che interessa.

Il grado di viscosità Engler E° è dato dal rapporto tra il tempo di deflusso dell'olio in prova (s) e la costante dell'apparecchio (s): è quindi un numero puro.

Il viscosimetro è formato dalla larza per l'olio, con all'interno tre punte indicatrici del livello, con un fuso calibrato sul fondo chiuso da una astina in legno amovibile per scorrimento verticale nella guida ricavata nel coperchio, esso pure amovibile. Il tutto è immerso in un bagno termostatico miscelato elettricamente e dotata di un agitatore manuale per omogeneizzare la tempera-



Viscosimetro
Engler

Luna del bagno. Ci sono poi due termometri per rilevare le temperature del fluido e del bagno.

Lo strumento è sorretto da un treppiede per permettere il posizionamento della peraltta di raccolta: questa è di forma caratteristica presentando due restringimenti in corrispondenza dei 100 cc. e dei 200 c.c.; tale accorgimento permette di limitare l'errore nella rilevazione dei tempi.

Modalità di prova:

determinata come si è visto la costante dell'apparecchio, si riempie la tazza d'olio e lo si riscalda alla temperatura voluta e poi lo si fa defluire.

Poichè durante il deflusso la temp. non rimane costante, lo si rileva all'inizio e alla fine e poi si calcola il suo valore medio: la misura di viscosità infatti ha senso solo se riferita ad una ben determinata temperatura.

Tutte le prove si effettuano sulla base dei 200 c.c.

- Viscosimetro Saybolt -

Questo viscosimetro da come risultato delle prove una misura convenzionale in secondi che altro non è che il tempo di deflusso dell'olio analizzato.

La taratura si effettua con olii standard che hanno un determinato tempo di deflusso a temperature precise fissate; se l'errore è maggiore dello 0,2% bisogna introdurre dei fattori di correzione (se l'errore supera certi limiti lo strumento non è più accettabile)

Per quanto riguarda la struttura dell'apparecchio, esso è concettualmente eguale all'Engler al di là di ovvie differenze estetiche e dimensionali.

Il v. Saybolt è prodotto in due versioni che differiscono per il diametro del foro e quindi il campo di utilizzazione:

- tipo Universal: ϕ 0,0685 inch \pm 0,0006
viscosità Seybolt: 32 \div 1000 sec
simbolo della misura: SUS (seconds universal S.)
- tipo Furol: ϕ 0,1240 inch \pm 0,0008
viscosità Seybolt: > 1000 sec
simbolo di misura: SFS (seconds furol S.)

Modalità di prova:

effettuata la taratura, si riscalda il fluido da analizzare alle temp. di prova normalizzate (normalmente si fa una prova per ogni temperatura). Tali temperature sono (F°):

70	100	130	210 (Universal)
77	100	182	210 (Furol)

Raggiunta la temperatura si apre l'orifizio e si cronometra il tempo di deflusso, arrotondando il risultato al criterio seguente:

- se $t < 200$ sec si approssima al decimo di s
- se $t > 200$ sec si approssima al s.

Bisogna lasciare defluire 60 c.c.

- Viscosimetro Redwood -
- Viscosimetro Redwood -

Questo viscosimetro, a parte le dimensioni leggermente minori, è del tutto simile al Seybolt, e lo stesso può dirsi per le modalità di taratura e di prova.

Unica sostanziale differenza: il volume da far defluire è di soli 50 c.c.

Formule di conversione

Per passare dai secondi Redwood e Seybolt ai gradi di Engler esistono apposite tabelle. Per passare invece da queste misure convenzionali alla viscosità espressa in cSt si fa ricorso a formule se =

misempiriche:

- formula di Ubbelohde (usata in Europa):

$$V = \frac{M}{\rho} = \left(0,073185 \frac{\text{E}}{\text{E}} - \frac{0,0631}{\frac{\text{E}}{\text{E}}} \right) [\text{St}]$$

$$= \left(7,32 \cdot \frac{\text{E}}{\text{E}} - \frac{6,31}{\frac{\text{E}}{\text{E}}} \right) \cdot 10^{-6} [\text{m}^2 \text{s}^{-1}]$$

- formula di Vogel (usata in America):

$$V = \frac{\text{E}}{\text{E}} 7,6 \left(1 - \frac{1}{\frac{\text{E}}{\text{E}}^3} \right) [\text{cSt}]$$

Rilevazione ed elaborazione dei dati:

condizioni ambientali:

temperatura: 20°C

umidità relativa: 55%

pressione barometrica: 760,5 mm Hg

Olio esaminato: AGIP-F1-Supermotoroil SAE 20W50

- Viscosimetro Engler:

risultati delle prove con acqua distillata:

$$t_1 = 51,5 \text{ s}$$

$$t_2 = 50,5 \text{ s}$$

$$t_3 = 50,6 \text{ s}$$

$$\text{La costante di tempo } \bar{t}_0 = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = 50,7 \text{ s}$$

risultati delle prove con olio e viscosità cinematica relativa V_{ri} :

n° prova	T_i $^\circ\text{C}$	T_f $^\circ\text{C}$	T_m $^\circ\text{C}$	t_e s	t_0	$V_{ri} = \frac{t_e}{t_0}$ $\frac{\text{E}}{\text{E}}$
1	48	55	52	436,8	50,7	8,62
2	65	71	68	254,4	50,7	5,02
3	80	84	82	179,8	50,7	3,54
4	98	99,6	98,8	133,0	50,7	2,62

Conversione in cSt con la formula di Ubbelohde:

$$V_1 = 62,34 \text{ cSt} ; V_2 = 35,4 \text{ cSt} ; V_3 = 24,12 \text{ cSt} ; V_4 = 16,77 \text{ cSt}$$

Conversione in cSt con la formula di Vogel:

$$V_1 = 65,08 \text{ cSt} ; V_2 = 37,07 \text{ cSt} ; V_3 = 24,98 \text{ cSt} ; V_4 = 16,86 \text{ cSt}$$

Conversione in cSt mediante le tabelle: vedi tab. e dis. gran. allegata

$$V_1 = 65,5 \text{ cSt} ; V_2 = 38 \text{ cSt} ; V_3 = 25,4 \text{ cSt} ; V_4 = 17,8 \text{ cSt}$$

Valori analoghi si ricavano anche dal diagramma viscosità-
- Viscosimetro Saybolt: temperatura allegata.

è stata effettuata una sola prova a 210°F corrispondenti a $98,9^\circ \text{C}$; il risultato è stato:

$$t_c = 87,5$$

e trasformando mediante le tabelle:

$$V = 19,7 \text{ cSt} = 2,836^\circ \text{E} \quad (98,9^\circ \text{C})$$

- Viscosimetro Redwood:

anche qui una sola prova a 210°F :

$$t_c = 88,4$$

La max temperatura di riferimento delle tabelle è 200°F per cui bisogna ricorrere alla estrapolazione dei dati:

temperatura :	140 $^\circ \text{F}$	200 $^\circ \text{F}$
s. Redwood :	88,4	88,4
cSt :	20,70	20,40
E :	2,951	2,916

estrapolando linearmente si ottiene:

$$V = 20,35 \text{ cSt} = 2,907^\circ \text{E}$$

Nota

La struttura dei viscosimetri Saybolt e Redwood è tale da mantenere durante l'effluvio una temperatura molto migliore rispetto all'Engler: è per questo che tra i dati rilevati non compaiono le temp. iniziale, finale, media, ma un valore unico.

Seguono due diagrammi viscosità/temperatura relativi ai dati rilevati con il viscosimetro Engler: il primo è tracciato sulla carta normalizzata ASTM ed essendo in coordinate semi-logaritmiche il diagramma che ne deriva ha un andamento rettilineo. Il secondo ho voluto tracciarlo in coordinate normali per evidenziare graficamente in modo immediato come evolve la viscosità all'aumentare della temperatura.

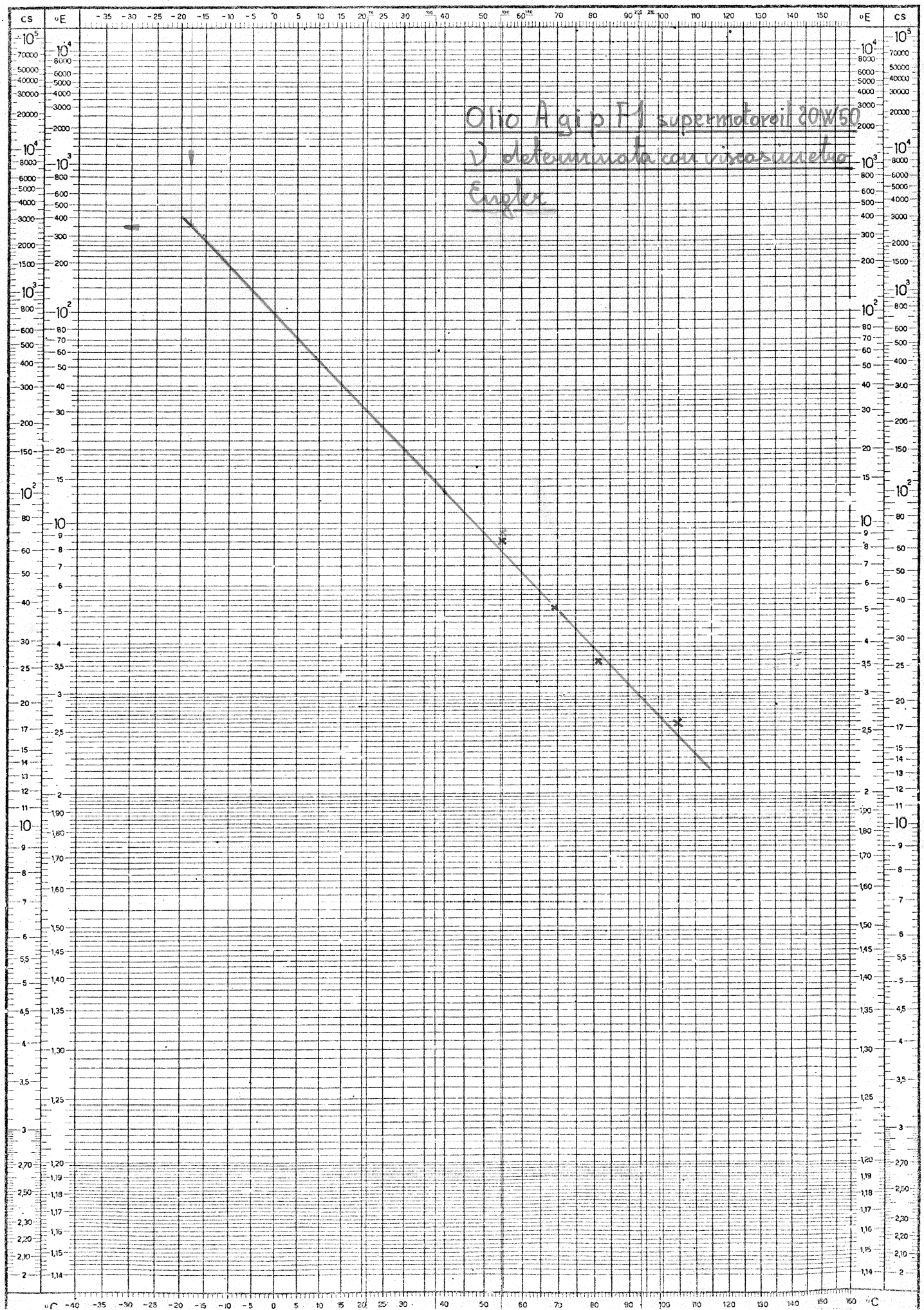
Estrapolando i risultati delle prove sulla carta semi-logaritmica ASTM fino alla temperatura di 0°F (-18°C) ne risulta una viscosità di 350°E. Poiché i limiti previsti a questa temperatura per un olio SAE 20W sono 343 ÷ 1386°E e i limiti a 210°F per un olio SAE 50 sono 2,52 ÷ 3,18°E, si può affermare che, visti i risultati delle prove, l'olio AGIP considerata è effettivamente un SAE 20W50.

DIAGRAMMA VISCOSITÀ - TEMPERATURA

TRACCIATO SECONDO LE FORMULE DI MCCOLL E DI WALTHER STANDARDIZZATE DALLA A.S.T.M. E BASATO SULLE VISCOSITÀ CINEMATICHE E SUI CORRISPONDENTI GRADI ENGLER VALIDI NEGLI U.S.A.

CALCOLATO E DISEGNATO DAL **Prof. Dott. Ing. A. RECINE** F. Inst. Pet. - M. A.S.L.E. - A.S.T.M. - A.A.A.S.

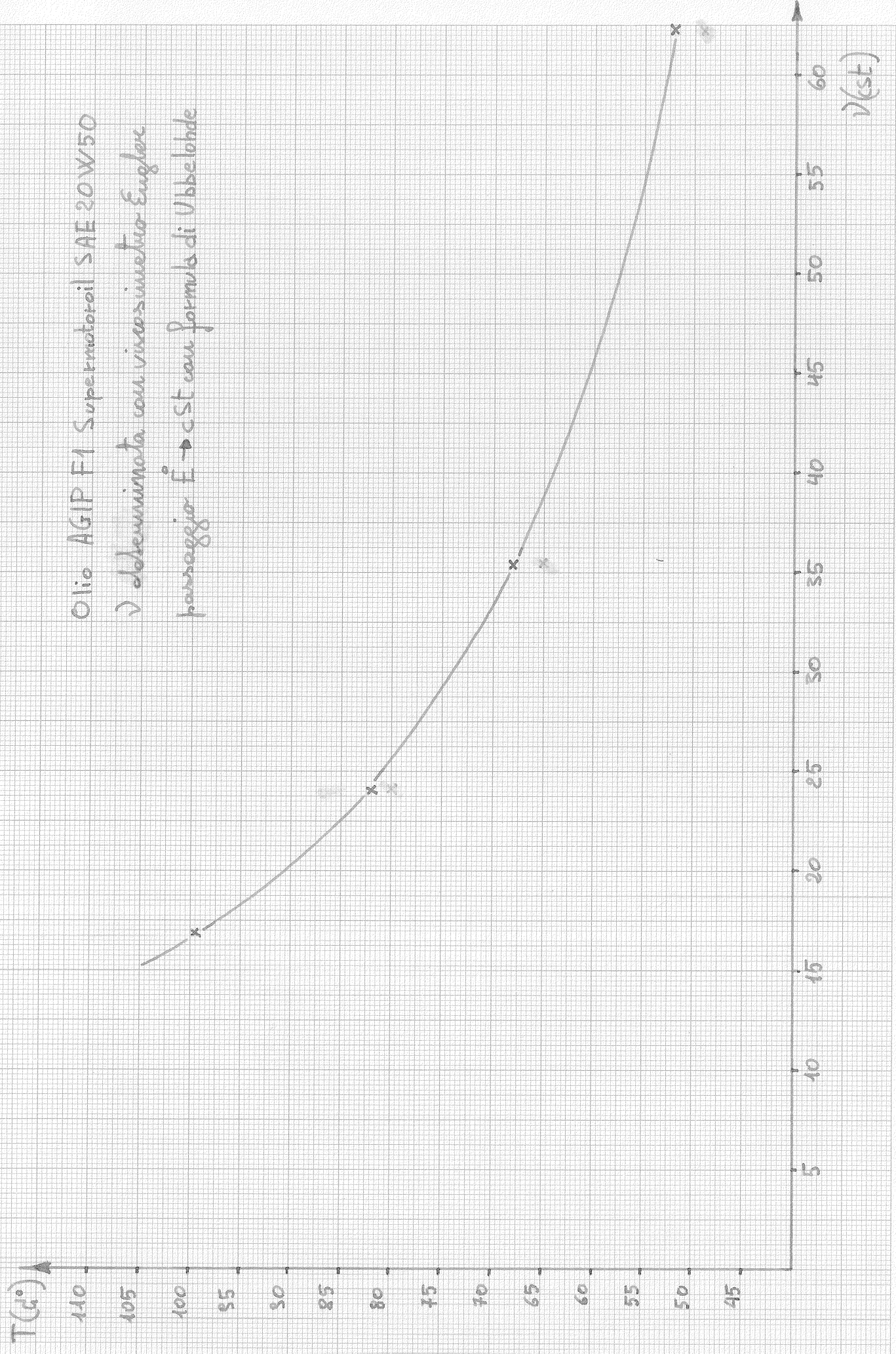
PER CONTO DELLA **SCUOLA DELLA LUBRIFICAZIONE - GENOVA** EDITR. PROPRI. Mod. 7-20



VISCOSITY-TEMPERATURE CHART - All rights reserved

EPOSITATO - Tutti i diritti sono riservati

Olio AGIP F1 Supermotoroil SAE 20W50
↳ ottenimata con viscosimetro Engler
passaggio E → cSt con formula di Ubbelohde



Prova n° 7

Determinazione dei punti di infiammabilità
e di accensione degli olii secondo i meto-
di normalizzati

Introduzione

Nei olii combustibili e lubrificanti e per altri fluidi particolari, portati ad elevate temperature (il concetto di temperatura elevata dipende naturalmente dal fluido in esame) si manifestano due fenomeni particolari:

- flash point: i vapori, al passaggio di una fiammella, si accendono e si spengono subito
- fire point: i vapori, al passaggio di una fiammella, si accendono per almeno 5 secondi.

Il fire point si verifica sempre a temperature superiori al flash point.

Due punti così definiti non sono altro che due temperature: la loro determinazione si effettua seguendo la procedura illustrata dalle norme americane ASTM-D83-66. Queste prevedono l'adozione di due particolari strumenti:

- apparecchio Cleveland a vaso aperto
- apparecchio Pensky - Martens a vaso chiuso (per determinare il solo flash-point)

Ma abbiamo effettuato due misure:

- determinazione del flash-point del kerosene con apparecchio Pensky - Martens
- determinazione del flash-point e del fire-point con apparecchio Cleveland dell'olio lubrificante Agip F1 SAE 20W50

Determinazione del flash-point del kerosene con apparecchio Pensky-Marten

Descrizione dell'apparecchio:

esso è costituito fundamentalmente da una ~~torza~~ tazza di riferimento dell'olio inserita in una "stufa" e chiusa da un particolare coperchio.

La tazza è costituita in ottone ed è dotata di una scala interna per il livello dell'olio e di un manico.

La stufa è un recipiente cilindrico chiuso da una cotta recante la sede della tazza. Il fluido riscaldante è aria, la cui temperatura è regolata tramite una resistenza elettrica comandata da un termostato fissato alla stufa stessa.

Il coperchio è dotato di vari dispositivi:

movendo una ghiera si provoca l'apertura di una luce sul cello della tazza e il contemporaneo abbassarsi sulla luce stessa della fiammella di accensione alimentata a gas metano tramite apposito tubicino.

Esiste inoltre una fiamma pilota che permette di riaccendere la fiammella principale nel caso che lo spostamento indotto dalla ghiera ne provochi lo spegnimento. Il coperchio alloggia inoltre l'abbercio dell'agitatore, il cui movimento può essere manuale o comandato da un motorino elettrico, ed il termometro di precisione per controllare la temperatura dell'olio.

Modalità di prova:

Si riempie la tazza fino alla linea di riferimento con l'olio da provare e la si colloca correttamente sulla stufa. Si regola la fiamma di prova in modo che sia $\phi \approx 4 \text{ mm}$. Indirizzato tramite tabelle o esperienze precedenti il proprio flash-point, si regola il termostato in modo da avere un gradiente di temperatura di $5 \div 6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$;

tale operazione va condotta con gradualità in modo da evitare perturbazioni eccessive del gradiente, che sono inevitabili se si vuole conseguire un riscaldamento troppo rapido, - dovute alla inerzia termica dell'apparecchio.

Durante l'intera operazione di riscaldamento l'agitatore deve ruotare ad una velocità di 30 ÷ 120 g/m.

Al di sopra dei 10°C sotto il presumibile flash-point si introduce la fiammella ad intervalli di 1°C. Questa deve essere abbassata in ~ 1/2 s e rimanere a contatto dei vapori per ~ 1 s.

La temperatura minima alla quale è approssimazione della fiammella provoca l'accensione dei vapori è il flash-point cercato.

Alcune prescrizioni delle norme ASTM:

- l'attendibilità delle misure ottenute con la modalità di prova sopra descritte è del 85% se ripetibilità e riproducibilità rientrano nei seguenti limiti:

ripetibilità: una serie di misure eseguite da uno stesso operatore non devono differire tra loro per più di 2°C per olii il cui flash point è < 104,4°C (220°F) e di 5°C per olii il cui flash point è > 104,4°C

riproducibilità: una serie di misure molto distanti nel tempo o eseguite in laboratori diversi non devono differire tra loro per più di 3°C per olii il cui flash point è < 104,4°C e di 7°C per olii il cui flash point è > 104,4°C

- i risultati delle prove sono influenzati dalla pressione barometrica; la pressione di riferimento è di 760 mmHg. Per pressioni diverse le norme prevedono le seguenti correzioni:

per ogni 25 mmHg sopra la pressione di riferimento si abbassa il flash point di 0,5°C

ISTITUTO di MACCHINE

UNIVERSITA' degli STUDI

TRIESTEDETERMINAZIONE
DEL PUNTO DI
INFIAMMABILITA' E
ACCENSIONE DEGLI OLII

data

operatore

apparecchiatura Pensky-Martens

metodo

olio Kerosene

	GRANDEZZE	simb.	unita'	VALORI
	pressione barometrica	B ₀	mmHg	755
	punto di infiammabilita' rilevato	I ₀	°C	51
	correzione	c	°C	/
	punto di infiammabilita' corretto	I	°C	51
	punto di accensione rilevato	A ₀	°C	/
	correzione	c	°C	/
	punto di accensione corretto	A	°C	/

Osservazioni

menti locali (di solito in prossimità delle pareti della stanza).

Alcune prescrizioni delle norme ASTM

- C'è attendibilità delle misure ottenute con le modalità di prova viste è del 95% se ripetibilità e riproducibilità rientrano nei seguenti limiti:
 - ripetibilità: una serie di misure eseguite da uno stesso operatore non devono differire tra loro per più di $8,3^{\circ}\text{C}$ (15°F) al flash point e $5,5^{\circ}\text{C}$ (10°F) al fire point
 - riproducibilità: una serie di misure molto distanti nel tempo o eseguite in laboratori diversi non deve differire tra loro per più di $16,7^{\circ}\text{C}$ (30°F) al flash point e $11,1^{\circ}\text{C}$ (20°F) al fire point.
- i risultati delle prove vengono corretti in funzione della pressione barometrica nel modo seguente:
 - da 715 a 635 mm Hg si aggiunge $2,8^{\circ}\text{C}$
 - da 634 a 550 mm Hg si aggiunge $5,5^{\circ}\text{C}$

Risultati delle prove:

fluido in prova: olio Agip F1 SAE 20W50
punto di infiammabilità presunto: 240°C
punto di infiammabilità rilevato: 242°C
punto di accensione presunto: 260°C
punto di accensione rilevato: 266°C
pressione barometrica: 755 mm Hg
fattore di correzione della pressione: 0
punto di infiammabilità effettivo: 242°C
punto di accensione effettivo: 266°C

ISTITUTO di MACCHINEUNIVERSITA' degli STUDI
TRIESTEDETERMINAZIONE
DEL PUNTO DI
INFIAMMABILITA' E
ACCENSIONE DEGLI OLII

data

operatore

apparecchiatura Cleveland

apparecchio P. 50 - 10/13
metodoASTM D 93
olio Agip F1 SAE 20W50
Kerosene

	GRANDEZZE	simb.	unita'	VALORI
	pressione barometrica	B ₀	mmHg	755
	punto di infiammabilita' rilevato	I ₀	°C	242
	correzione	c	°C	/
	punto di infiammabilita' corretto	I	°C	242
	punto di accensione rilevato	A ₀	°C	266
	correzione	c	°C	/
	punto di accensione corretto	A	°C	266

Osservazioni