What is the Asphalt binder?

What is the different between:

Tar

Bitumen

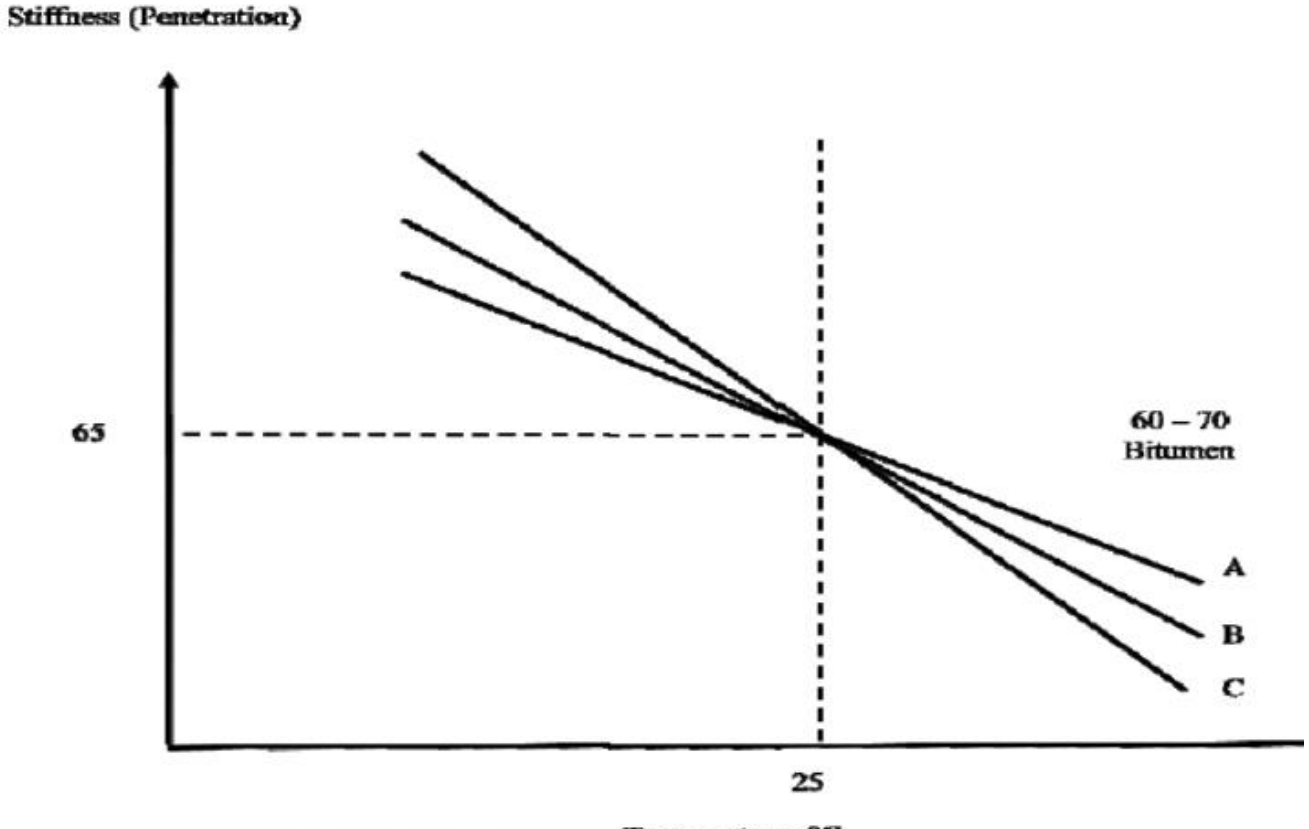
Asphalt

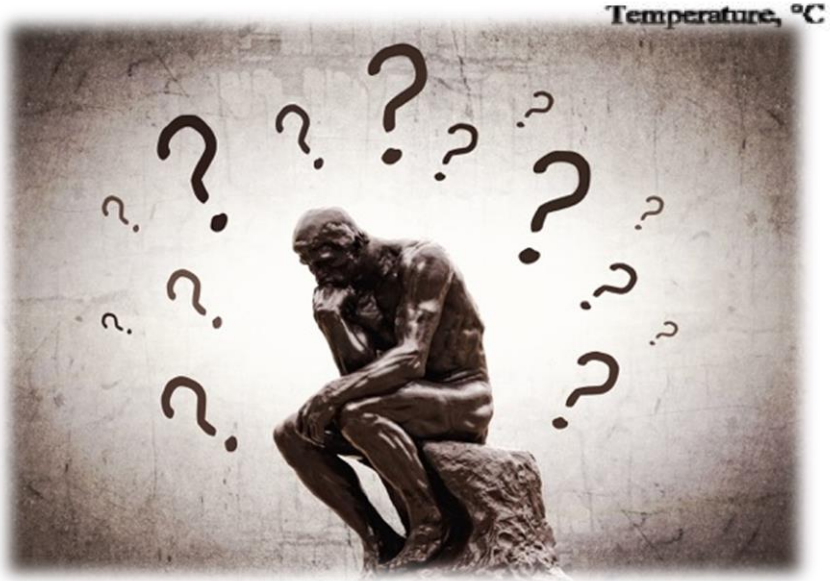
Asphalt binder

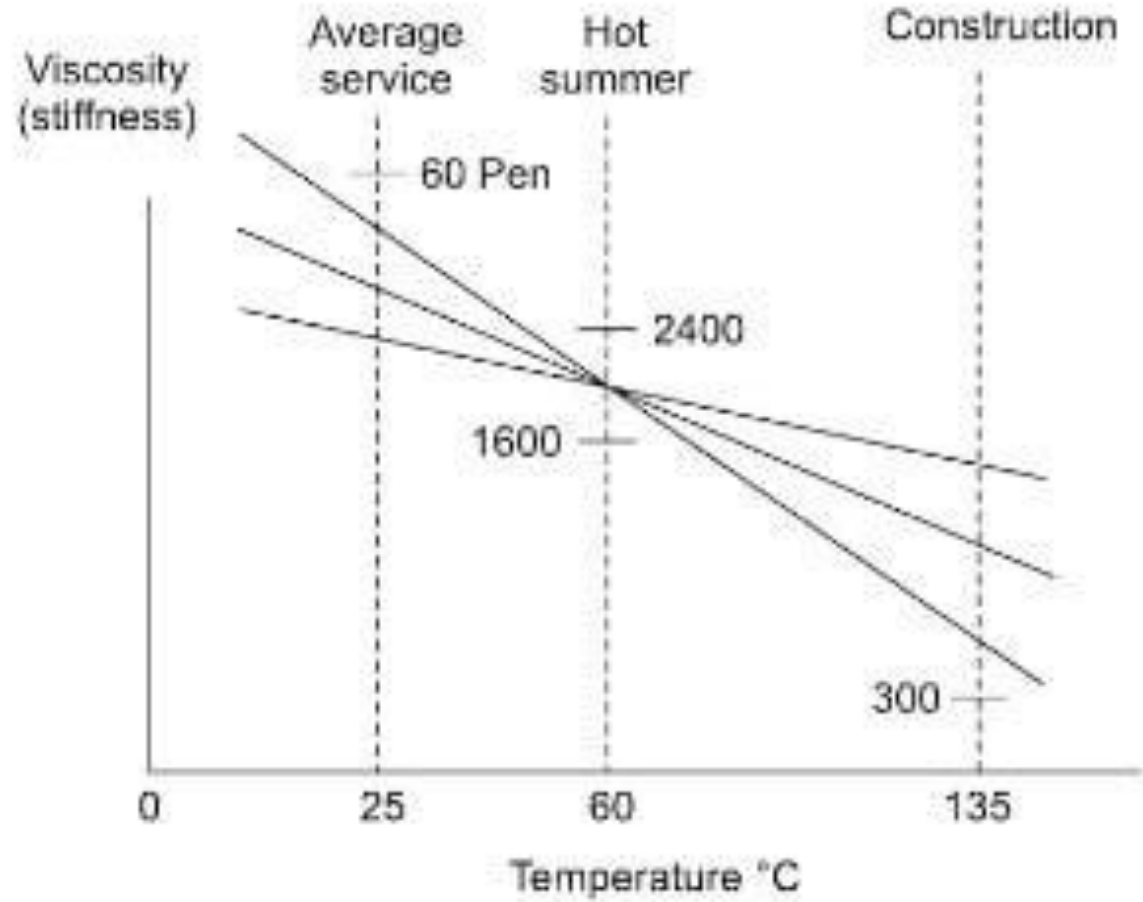
Asphalt concrete

Asphalt pavement

Hot Mix Asphalt?


Stiffness (Penetration)
65
60 – 70
Bitumen
A
B
C
25
Temperature, °C




Viscosity
(stiffness)
Average
service
Hot
summer
Construction
60 Pen
2400
1600
300
0
25
60
135
Temperature °C

SHRP
(Strategic Highway Research Program)

برنامه‌ی تحقیقات استراتژیک بزرگراه‌ها

- ✓ تصویب توسط کنگره آمریکا در سال ۱۹۸۷
- ✓ بودجه ۱۵۰ میلیون دلاری

اهداف برنامه‌ی تحقیقات استراتژیک بزرگراه‌ها

- ✓ بهبود عملکرد راه‌ها
- ✓ افزایش اِیمنی راه‌ها

هدف: ایجاد روش جدیدی برای درجه‌بندی قیر و پیش‌بینی عملکرد آن در رویه‌ی آسفالتی بر مبنای علمی

SUPERPAVE
(SUPER PERFORMING ASPHALT PAVEMENT)

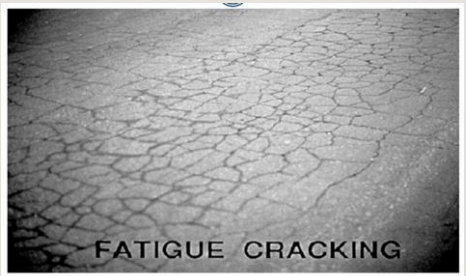
یا روسازی پیشرفته

نقش سیستم روسازی ممتاز

انطباق خصوصیات عملکردی قیر با شرایط محیطی

تابعی است از بار ترافیکی و دمای بالای هوا

- ✓ کنترل شیارشدگی
- ✓ کنترل ترک ناشی از دمای پائین
- ✓ کنترل ترک ناشی از خستگی



تابعی است از تکرار عبور بار

بهبود عملکرد روسازی

بخش‌های اصلی SUPERPAVE

- ✓ مشخصات چسبنده‌های قیری (SP1)
- ✓ سیستم تحلیل و طرح اختلاط (SP2)
- ✓ سیستم نرم‌افزار رایانه‌ای (LTPP)

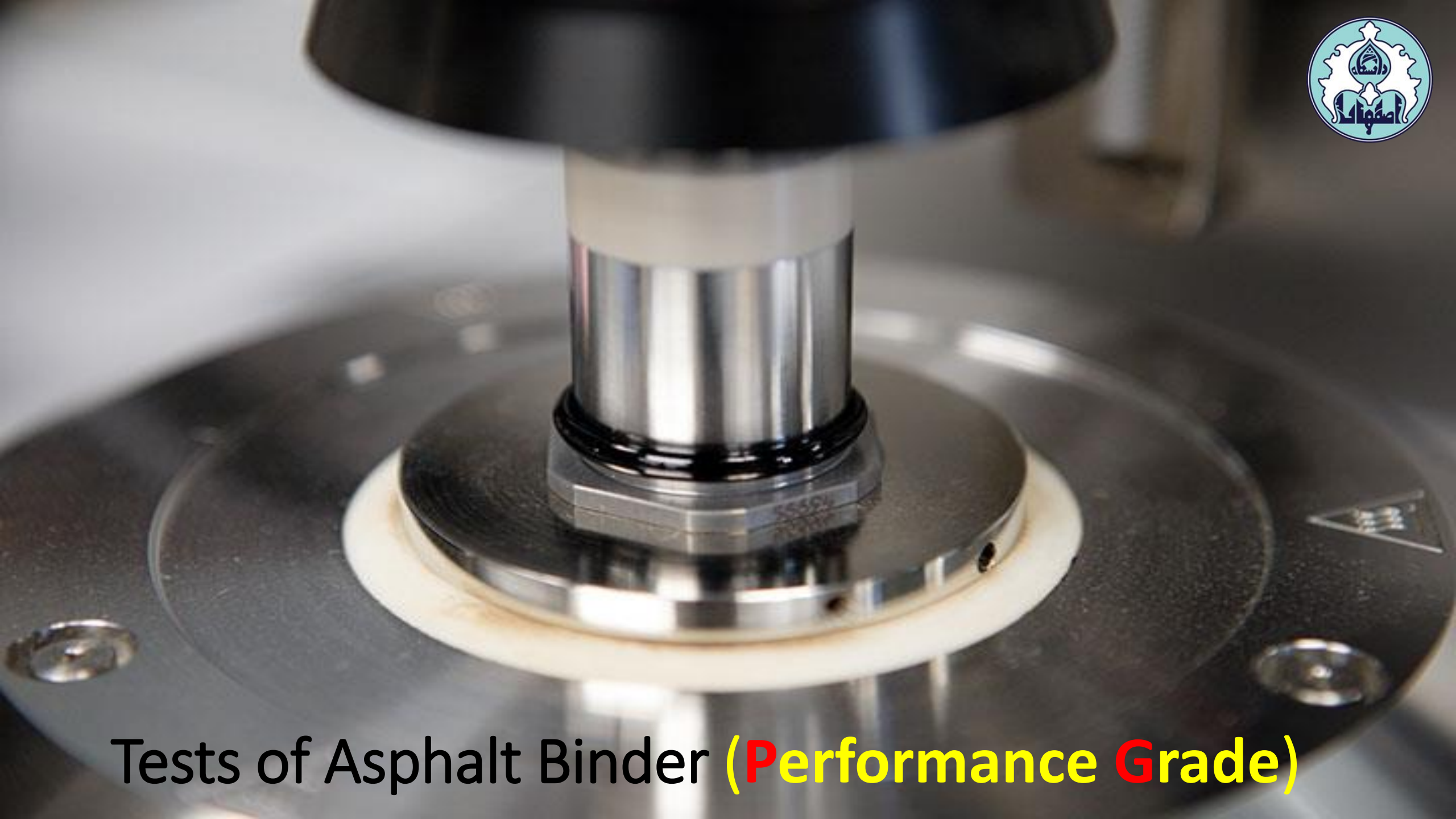
درجه‌بندی قیر براساس عملکرد
Performance Grade (PG)

مقایسه درجه‌بندی عملکردی (PG) با درجه‌بندی بر اساس نفوذپذیری و ویسکوزیته

درجه‌بندی عملکردی (PG)	درجه‌بندی بر اساس نفوذپذیری و ویسکوزیته
خواص فیزیکی از طریق اصول مهندسی مستقیماً به عملکرد قیر مربوط می‌شود. معیار آزمایش ثابت بوده ولی دمای آزمایش با توجه به شرایط آزمایش تغییر می کند.	آزمایشات نفوذ و شکل‌پذیری تجربی بوده و مستقیماً به عملکرد قیر مربوط نمی‌شود. آزمایشات در یک دمای استاندارد، بدون توجه به شرایطی که آسفالت در آن بکار رفته است، انجام می‌شود.
پیرشدگی برای سه حالت بحرانی شبیه‌سازی و آزمایش می‌شود: ۱- پیرشدگی قیر قبل از اختلاط با مصالح ۲- پیرشدگی قیر بعد از اختلاط و اجرا ۳- پیرشدگی قیر در طولانی مدت	آزمایشات پیرشدگی فقط در کوتاه مدت انجام می‌شود در صورتی که پیرشدگی در طولانی مدت در ترک ناشی از خستگی و ترک دمای پایین بسیار قابل توجه است.
درجه‌بندی بسیار دقیق بوده و کمترین همپوشانی بین مشخصات قیرهای با درجه‌بندی متفاوت وجود دارد.	قیرهای با یک درجه‌بندی دارای تفاوت‌های قابل توجهی در مشخصات می‌باشد.
این سیستم درجه‌بندی برای قیرهای اصلاح شده و اصلاح نشده مناسب است.	این سیستم‌های درجه‌بندی برای قیرهای اصلاح شده مناسب نیست.

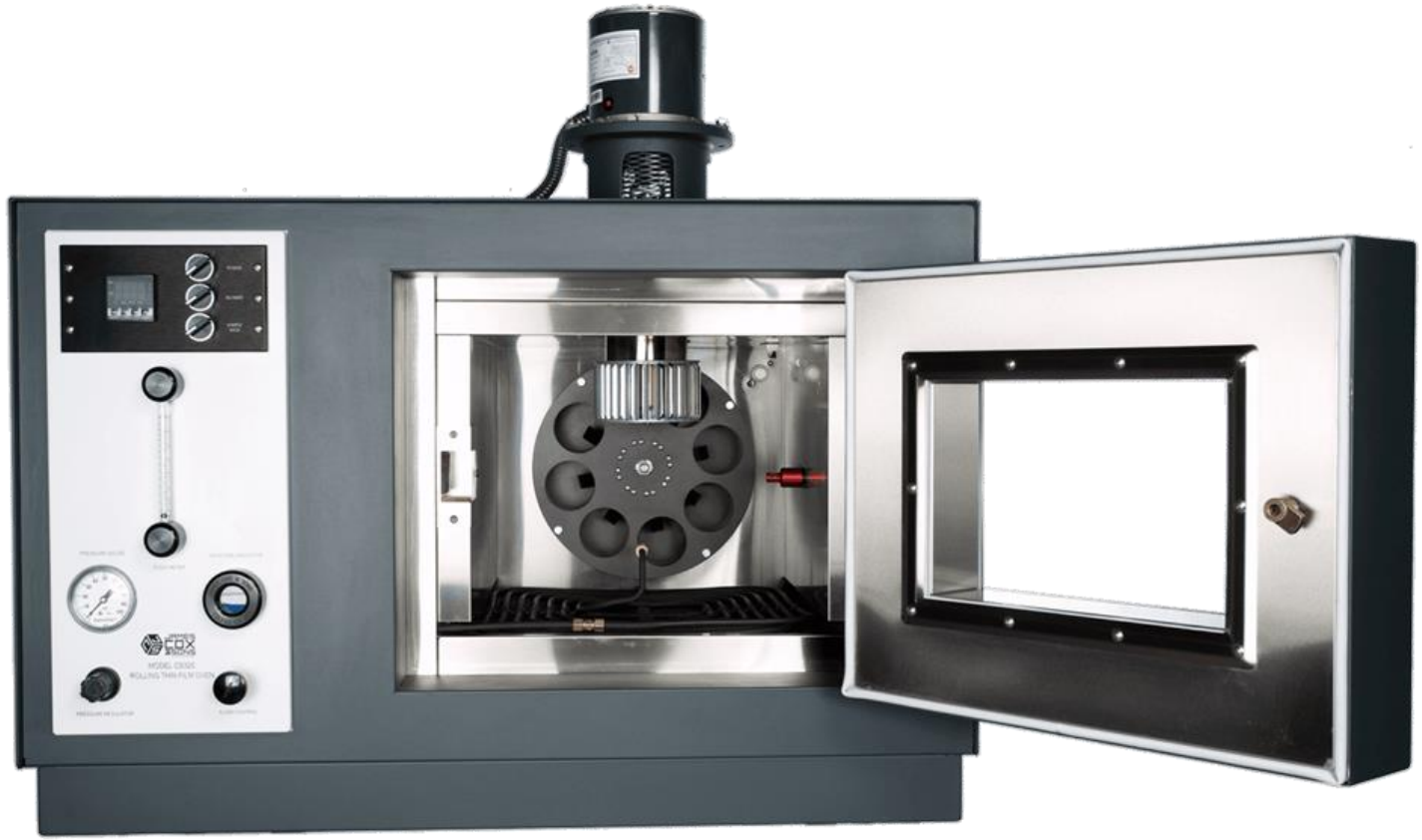
دستگاه‌های مورد استفاده در سیستم شارپ برای تعیین مشخصات و درجه‌بندی عملکردی قیر

دستگاه	هدف از استفاده
Rolling Thin Film Oven (RTFO)	شبیه‌سازی رفتار پیرشدن قیر ناشی از اکسایش و از دست دادن مواد فرار در هنگام اختلاط
Pressure Aging Vessel (PAV)	شبیه‌سازی رفتار پیرشدن قیر ناشی از اکسایش در هنگام سرویس در جاده
Rotational Viscometer (RV)	اندازه‌گیری ویسکوزیته قیر در دماهای بالا و در هنگام اختلاط و پمپ کردن
Dynamic Shear Rheometer (DSR)	اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر شیاردار شدن (تغییر شکل‌های دائمی) و ترک‌های خستگی
Bending Beam Rheometer (BBR)	اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر ترک‌های حرارتی (عرضی) در دماهای پایین
Direct Tensile Tester (DTT)	اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر ترک‌های حرارتی (عرضی) در دماهای پایین



Tests of Asphalt Binder (Performance Grade)

Rolling Thin Film Oven (ASTM D-2872;AASHTO T-240)



کوره لعاب نازک چرخشی (RTFO)

هدف: شبیه‌سازی پیرشدگی کوتاه مدت قیر (اختلاط)

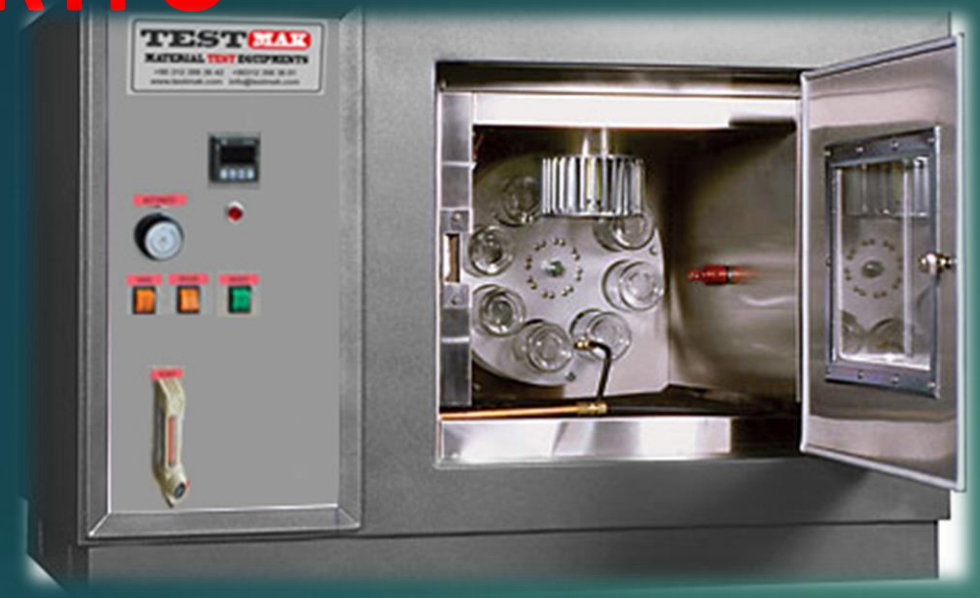
نحوه انجام آزمایش

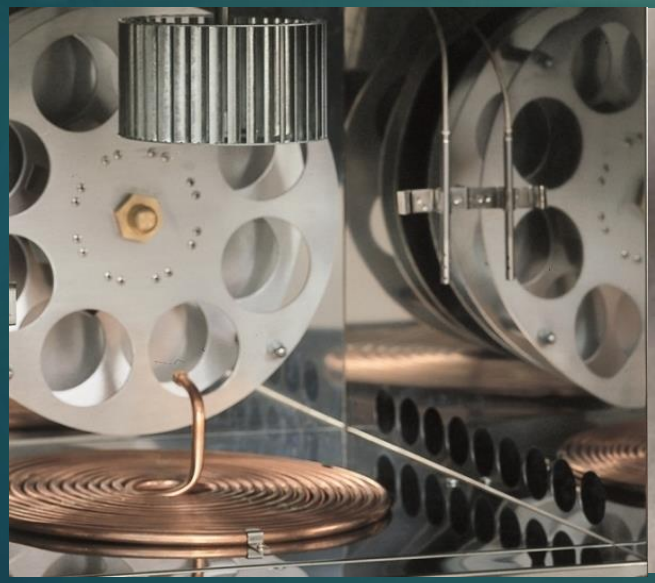
- قرار گرفتن نمونه‌های قیر در ظروف مخصوص
- گردش نمونه‌ها در محفظه چرخشی آون
- محاسبه درصد کاهش وزن نمونه ها پس از انجام آزمایش

شرایط آزمایش

- حرارت ۱۶۳ درجه سانتیگراد به مدت ۸۵ دقیقه
- سرعت جت هوا به میزان ۴۰ سانتیمتر بر دقیقه
- سرعت چرخش نمونه‌ها به میزان ۱۵ دور در دقیقه

RTFO





Pressure Aging Vessel (ASTM D-6521 ; AASHTO R-28)

آزمون محفظه تسریع پیری(PAV)

هدف: شبیه‌سازی پیرشدگی بلند مدت قیر در شرایط جاده (در مدت ۱۰- ۵ سال)

- **نحوه انجام آزمایش**
- قرار گرفتن نمونه‌های ۵۰ گرمی قیر RTFO در سینی‌های خصوص
- قرار گرفتن سینی‌ها در قفسه مخصوص دستگاه

- **شرایط آزمایش**
- حرارت ۱۱۰،۱۰۰، ۹۰ درجه سانتیگراد بسته به شرایط آب و هوایی
- فشار ۲۰۷۰ کیلو پاسکال در درون محفظه
- اعمال شرایط بالا به مدت ۲۰ ساعت

PAV

Rotational Viscometer (ASTM D-4402 ; AASHTO T-316)

آزمون ویسکومتر چرخشی (RV)

هدف: اندازه‌گیری ویسکوزیته قیر در دماهای بالا هنگام اختلاط و پمپ کردن)

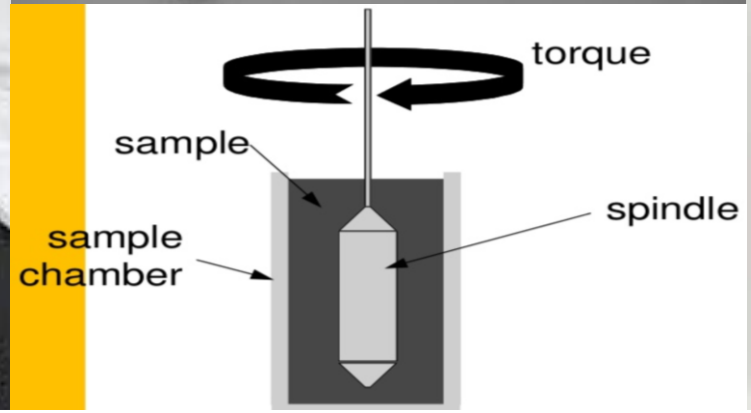
شامل

- ویسکومتر بروکفیلد
- ترموسل

شرایط آزمایش

- دمای ۱۳۵درجه سانتیگراد (دمای اختلاط و پمپاژ)
- میزان ممان چرخشی لازم برای این که یک سرعت چرخشی ثابت ۲۰ rpm محاسبه می‌شود
- این ممان تبدیل به عدد ویسکوزیته می‌شود.

Fei Teng



As compared with the capillary tube viscometers, the rotational viscometer provides larger clearances between the components. Therefore, it can be used to test modified asphalts containing larger particles, which could plug up a capillary viscometer tube. Another advantage of the rotational viscometer is that the shear stress versus shear rate characteristics of a test binder can be characterized over a wide range of stress or strain levels.

For Superpave binder specification purpose, the rotational viscosity test is to be run on the original binder at 135°C. The maximum allowable viscosity at this condition is 3 Pa-s.

Bending Beam Rheometer (ASTM D-6648 | AASHTO T-313)

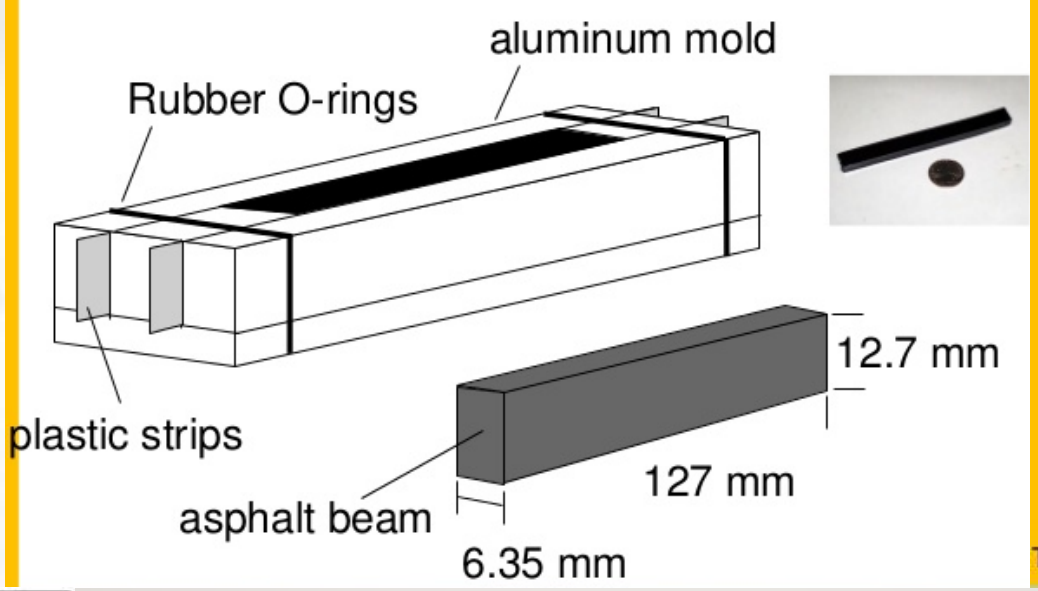
آزمون رئومتر تیرچه خمشی(BBR)

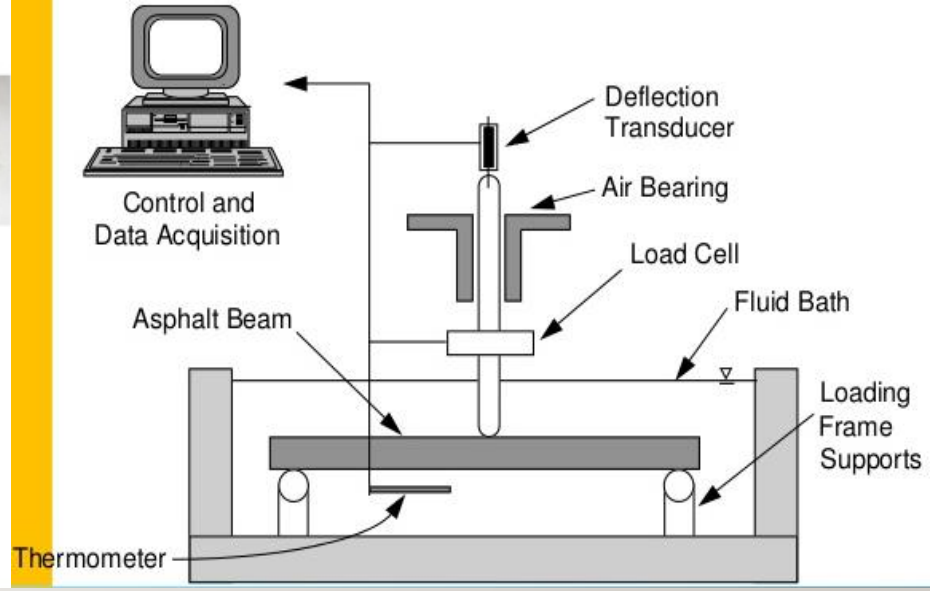
هدف: اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر ترک‌های انقباضی

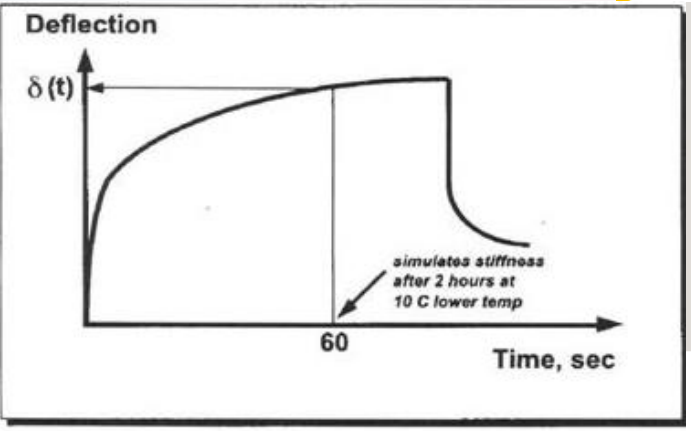
آزمون رئومتر تیرچه خمشی ۲ پارامتر را تعیین می‌کند:

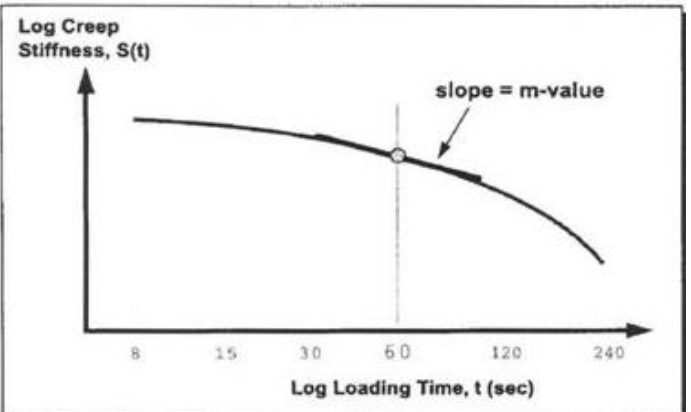
- مقدار سختی خزشی قیر یا S(t)
- سرعت تغییر در سختی خزشی قیر در مقابل زمان یا m-value

BBR









$$S(t) = \frac{PL^3}{4bh^3\delta(t)}$$

$$|m(t)| = \frac{d[\log S'(t)]}{d[\log(t)]} = B + 2C[\log(t)]$$

$$\log S'(t) = A + B[\log(t)] + C[\log(t)]^2$$

a maximum stiffness value at the minimum pavement temperature plus 10°C after 60 seconds of loading time which, by time-temperature superposition, is equivalent to the stiffness at the minimum pavement temperature at 2 hours' loading time. The specified maximum creep stiffness value at 60 seconds is 300 MPa.

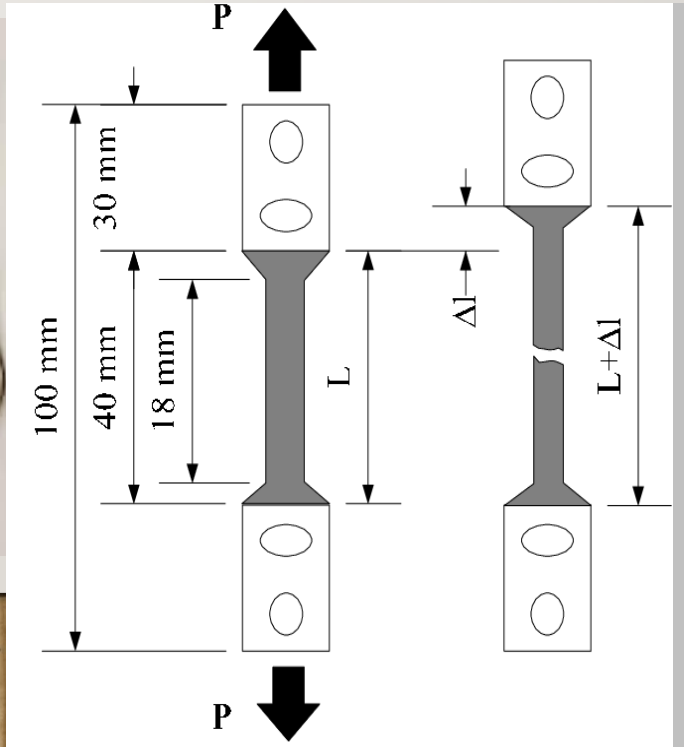
a minimum value for the slope (m) of the relationship between log stiffness and log time after 60 second loading time at the minimum pavement temperature plus 10°C. The specified minimum m-value is 0.30.

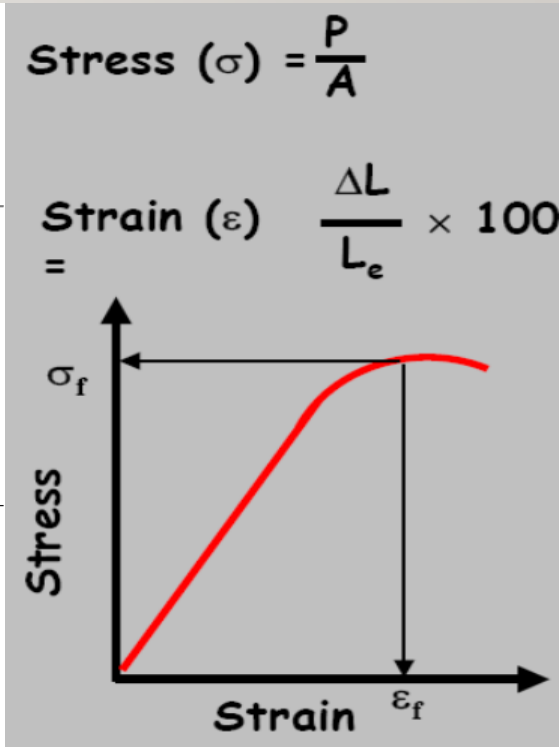
Direct Tension Test (AASHTO T-314 ; ASTM D-6723)

آزمون کشش مستقیم(DTT)

هدف: اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر ترک‌های انقباضی

- آزمون کشش مستقیم مکمل تست BBR است.
- بر اساس مشخصات روسازی ممتاز سختی خزشی آزمون BBR در ۶۰ ثانیه نباید از ۳۰۰ Mpa تجاوز کند.
- اگر سختی خزشی بین ۳۰۰ -۶۰۰ Mpa باشد شرط کرنش شکست کشش مستقیم به جای شرط سختی خزشی استفاده می‌شود.





Dynamic Sheer Rheometer

ASTM D4402
AASHTO M320-10
AASHTO T315-12
AASHTO M332-14
AASHTO T350-14
AASHTO TP 70
ASTM D7405-10a
ASTM D7175-08
ASTM D4402 M

DSR

آزمون رئومتر برش دینامیکی (DSR)

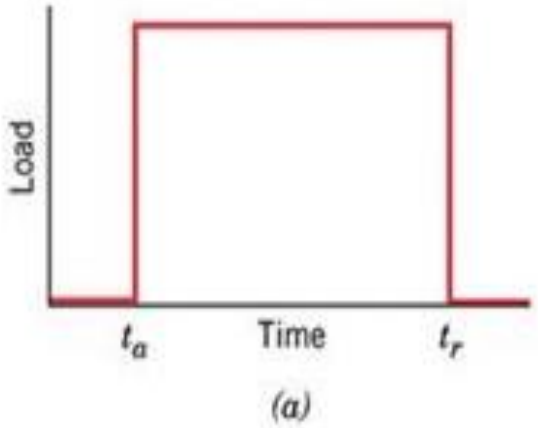
هدف: اندازه‌گیری مقاومت قیر در برابر شیارشدگی (تغییر شکل‌های دائمی) و ترک‌های خستگی

نحوه انجام آزمایش

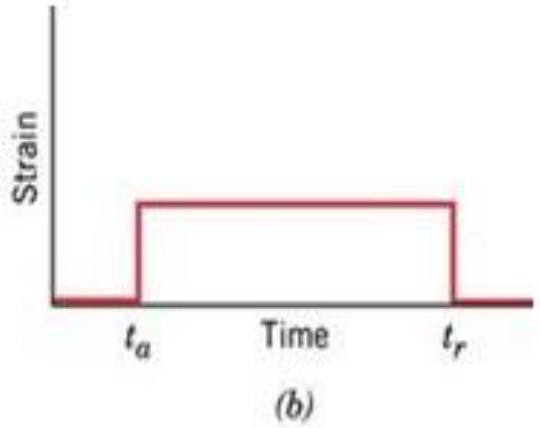
- قرار گرفتن نمونه قیر بین دو صفحه نازک که صفحه پایینی ثابت و صفحه بالایی حرکت چرخشی- نوسانی دارد.
- اعمال تنش برشی بر روی نمونه قیر

شرایط آزمایش

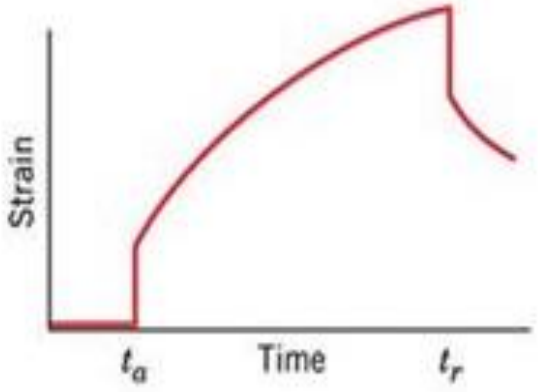
- دمای ۸۲- ۴۶ درجه سانتیگراد
- فرکانس نوسان ۱.۵۹هرتز (سیکل بر ثانیه) یا ۱۰ رادیان بر ثانیه
- (معادل حرکت ترافیک بر آسفالت با سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت)

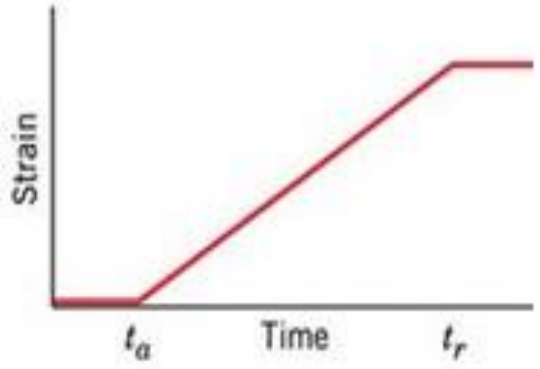


(a)



(b)





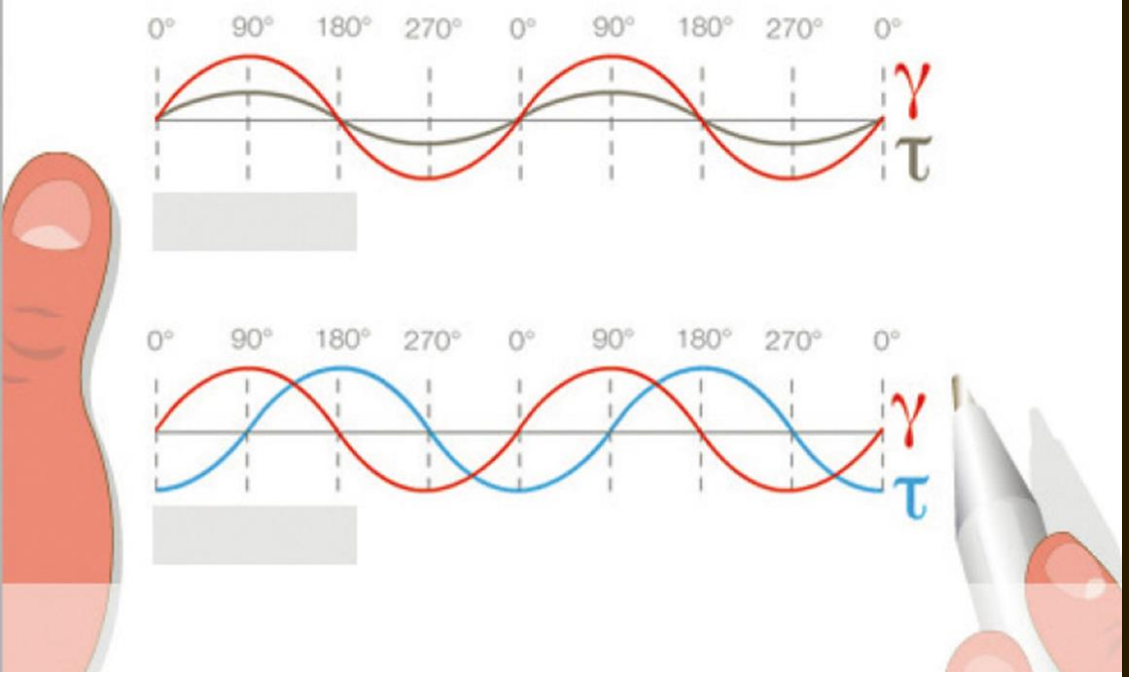
(d)

Let's work through this:

In (b) the material is perfectly elastic – strain is experienced immediately after load is applied and similarly the deformation is completely gone after removal of the load

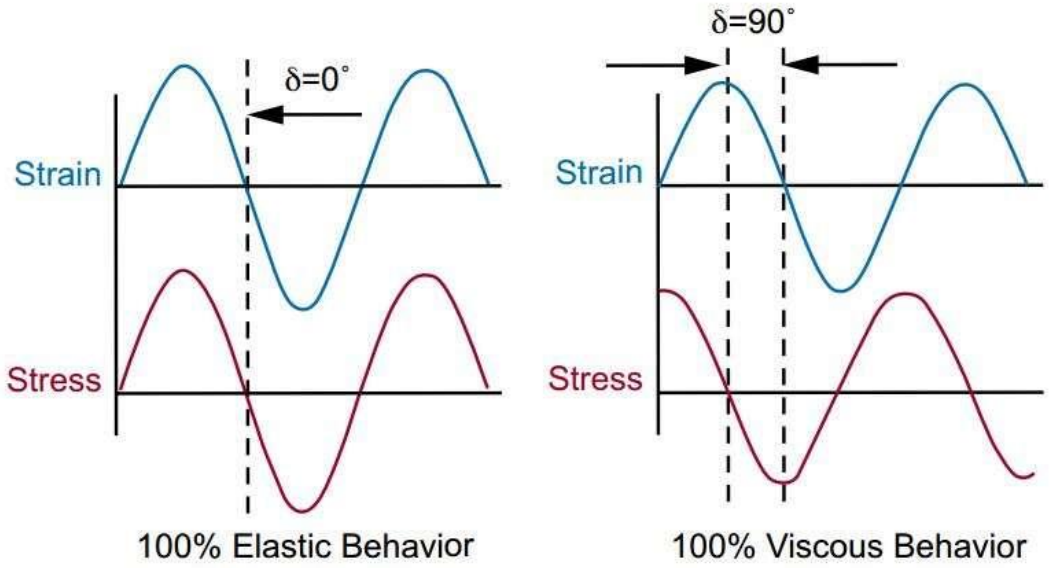
In (d) the material is viscous (syrup), the deformation is not instantaneous upon application of the load, and moreover there is no "recovery" of the deformation after the load is removed

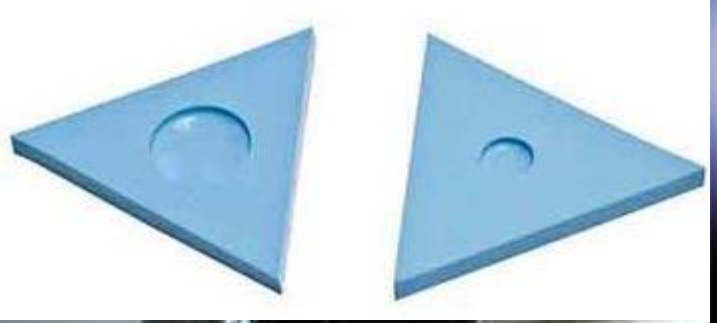
Viscoelastic materials display both elastic and viscous behavior

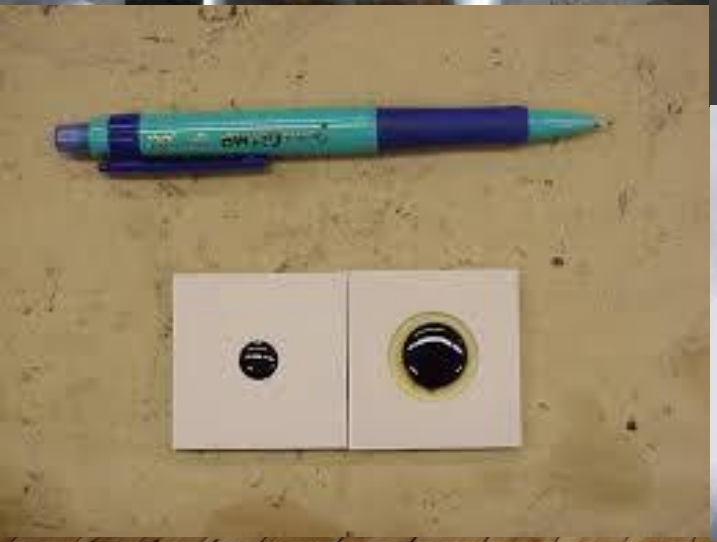


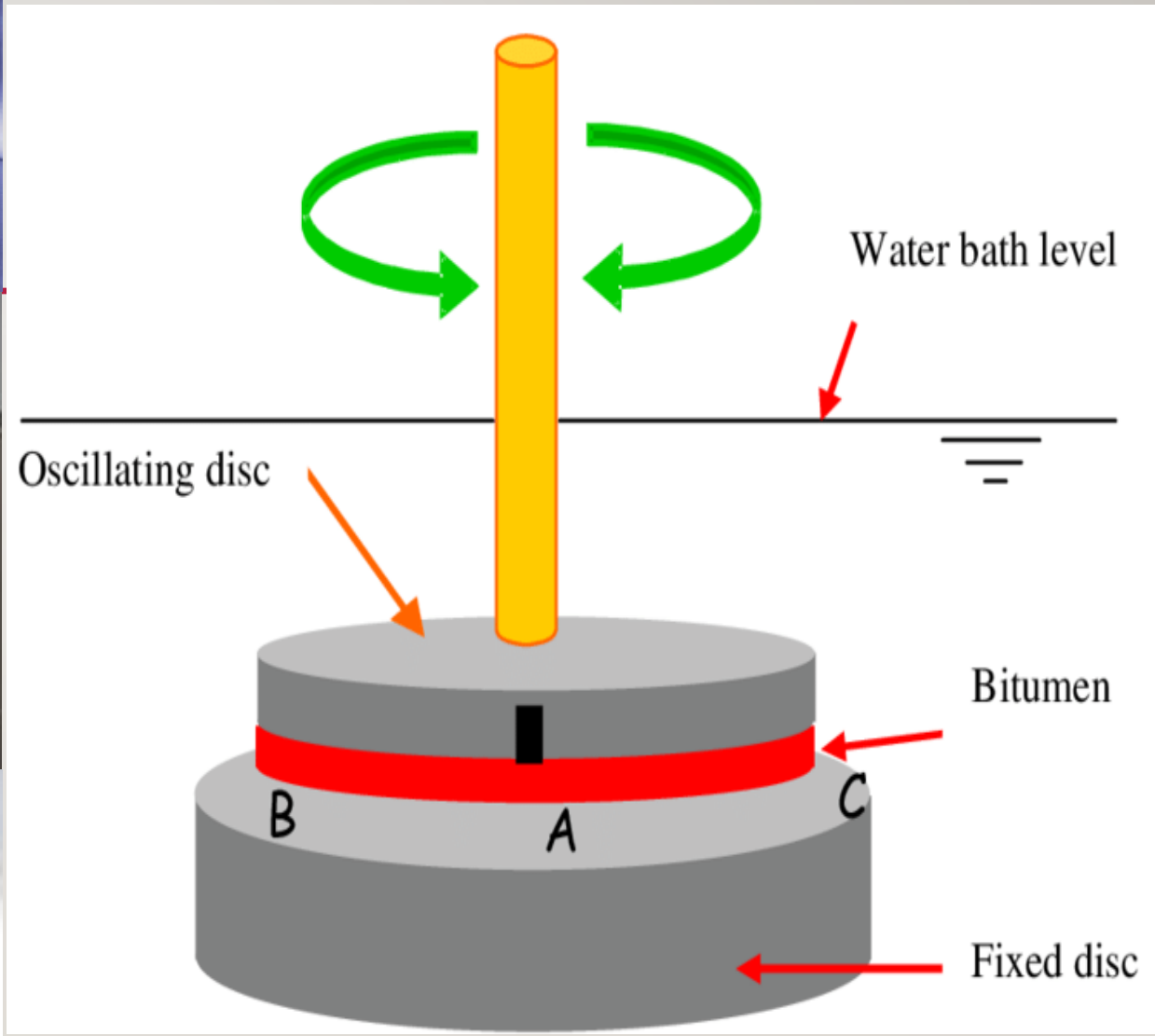
Storage & Loss Modulus

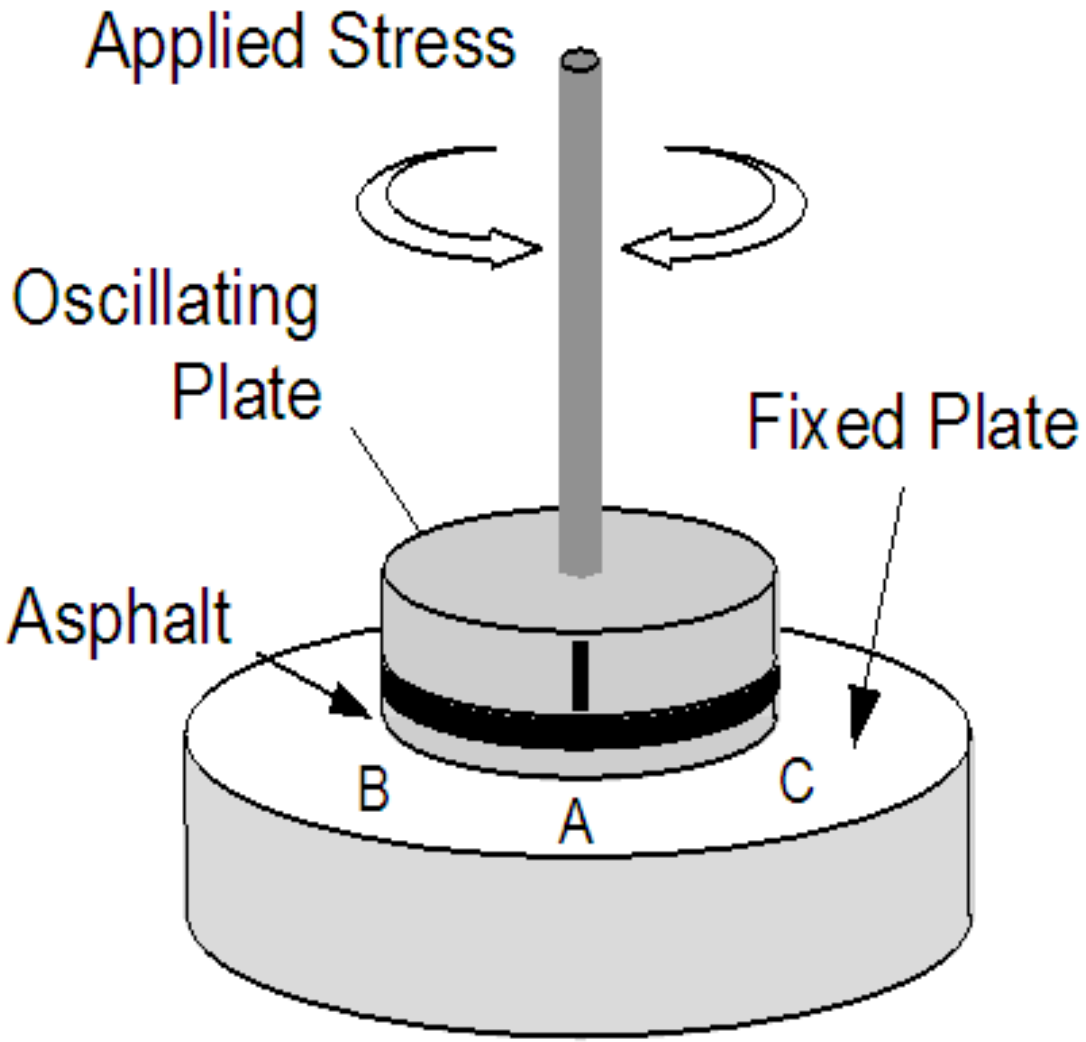
- Rheology language tends to use a combined form of complex modulus and phase angle
  - › Storage (elastic) modulus **G'**
  - › Loss (viscous) modulus **G''**
- **If...**
  - › **G' > G''**, phase angle less than 45° - SOLID LIKE
  - › **G'' > G'**, phase angle greater than 45° - LIQUID LIKE

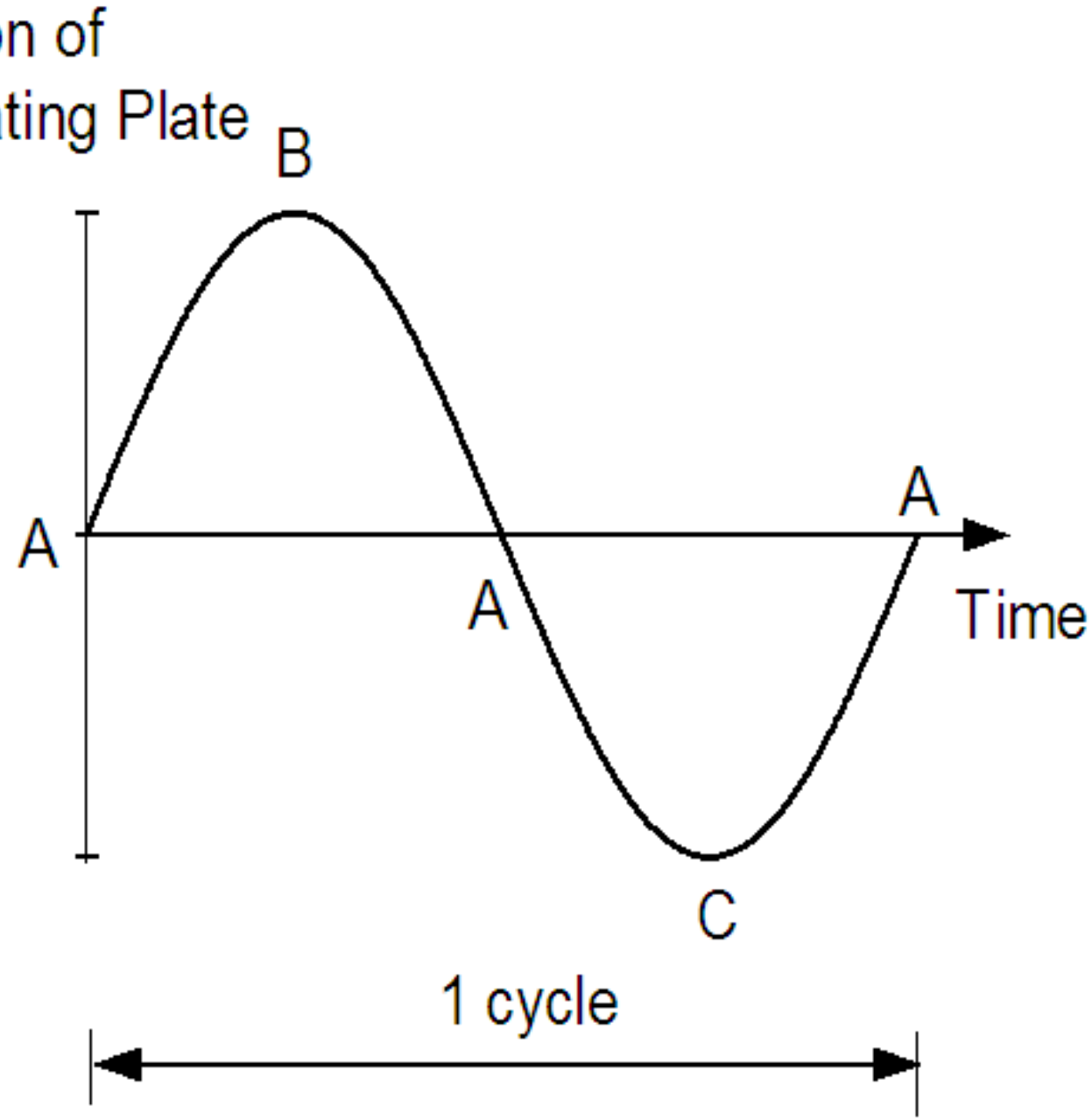


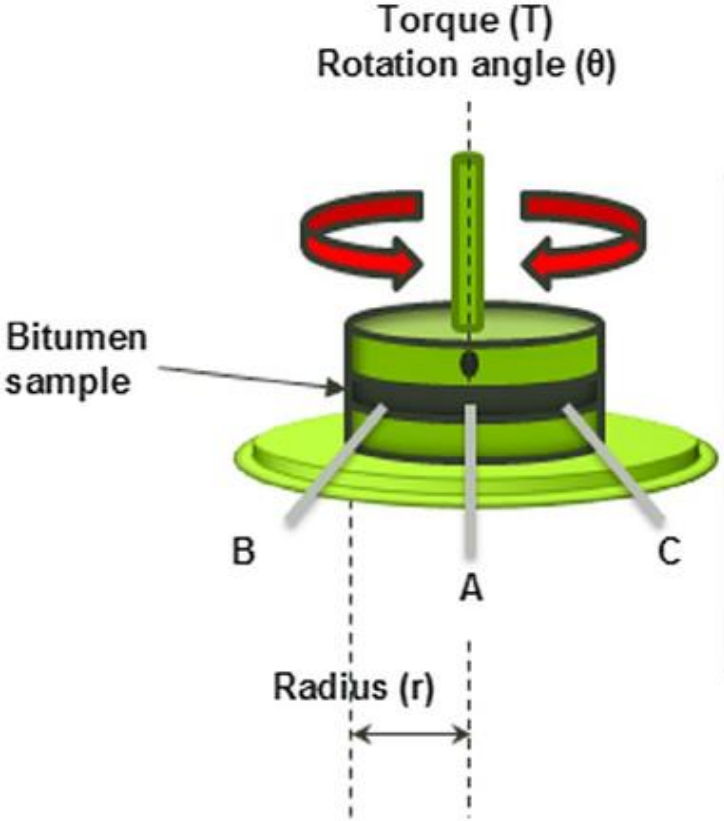


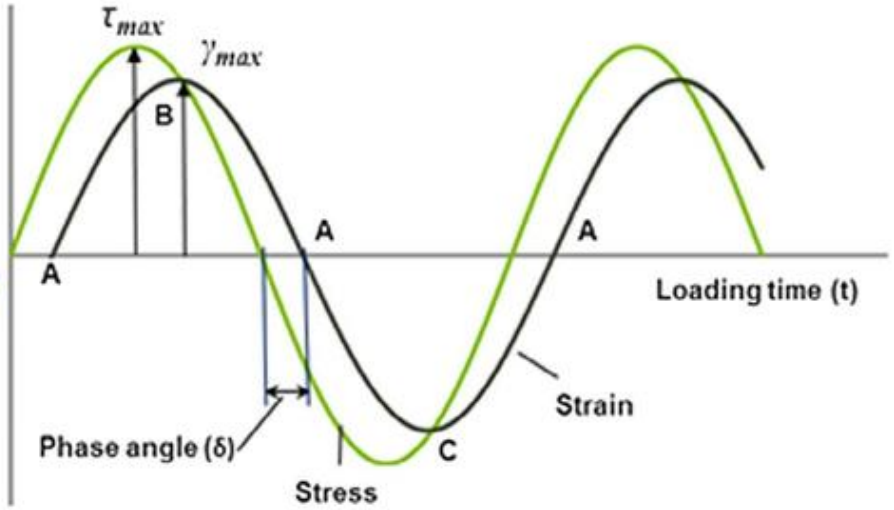


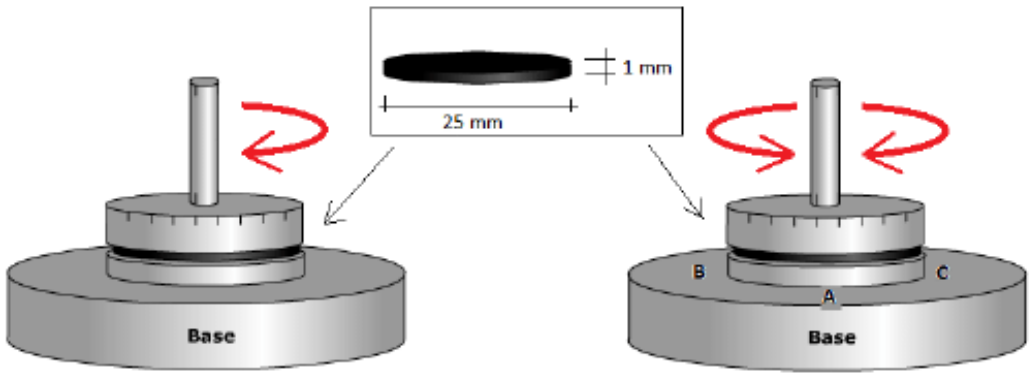

Water bath level
Oscillating disc
Bitumen
B
A
C
Fixed disc

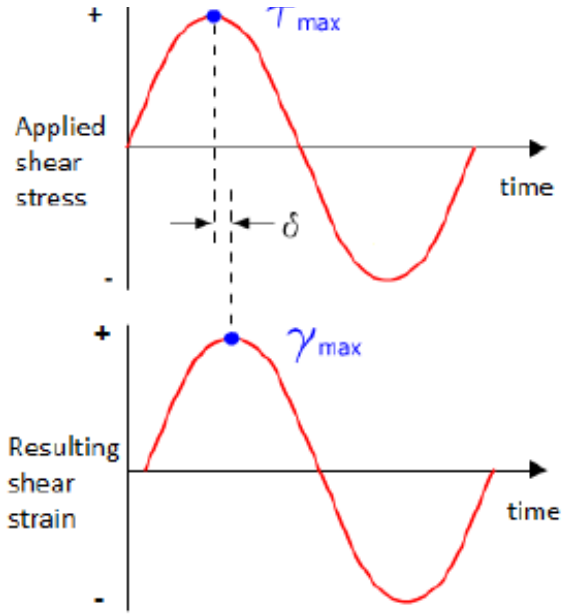

Applied Stress
Oscillating Plate
Fixed Plate
Asphalt
B
A
C

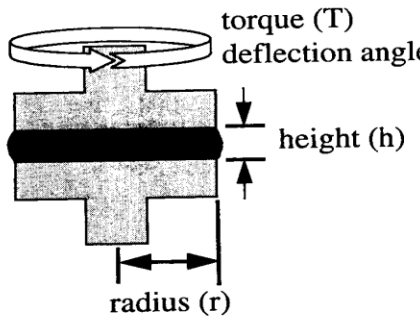

Position of Oscillating Plate
B
A
A
A
Time
C
1 cycle


Torque (T)
Rotation angle (θ)
Bitumen sample
B
A
C
Radius (r)


τ_{max}
γ_{max}
B
A
A
A
Loading time (t)
Strain
Phase angle (δ)
C
Stress


1 mm
25 mm
Base
B
A
C
Base
(a)
(b)

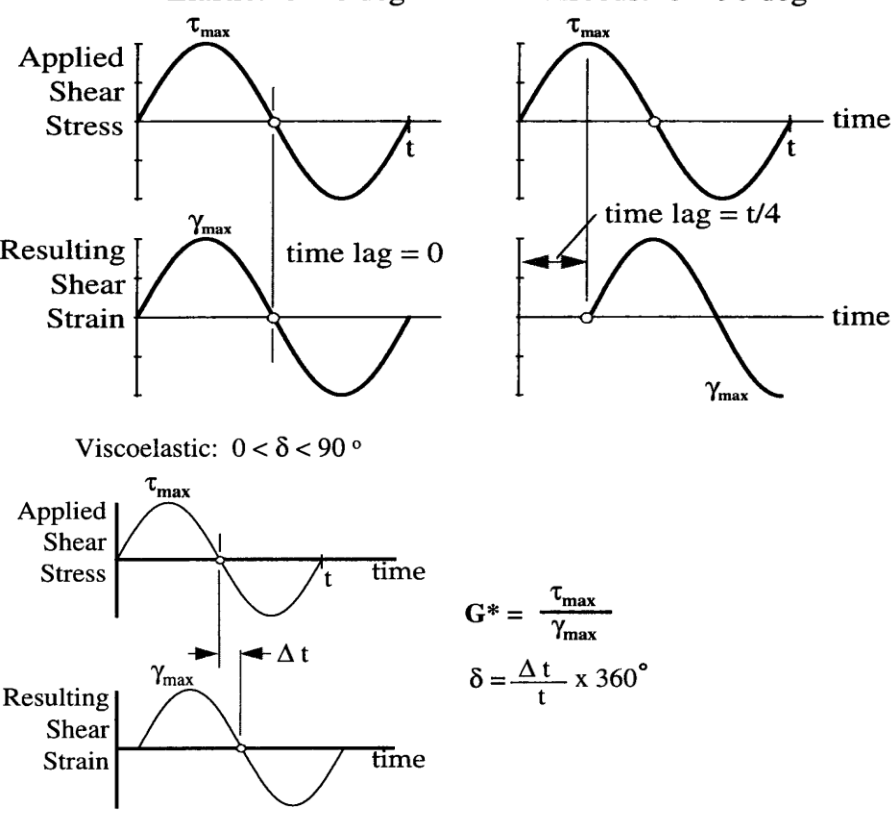

+
τ_{max}
Applied shear stress
time
δ
-
+
γ_{max}
Resulting shear strain
time
-



$$\tau = \frac{2\,T}{\pi\, r^3}$$

$$\gamma = \frac{\Theta\, r}{h}$$

$$G^* = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}}$$



$$G^* = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}}$$

$$\delta = \frac{\Delta\, t}{t} \times 360^\circ$$

Dynamic Shear Rheometer

a) principle of operation.

b) relationship of shear stress and shear strain for elastic (δ = 0°) and viscous (δ = 90°) materials.

c) relationship of shear stress and shear strain for viscoelastic (0° < δ < 90°) materials.

where

G^* = the complex shear stiffness modulus, kPa,
τ_m = maximum shear stress (peak to peak, figure 2-7), kPa, and
γ_m = maximum shear strain (peak to peak, figure 2-7).

The shear stress (τ) is calculated using the following equation:

$$\tau = \frac{2T}{\pi r^3}$$

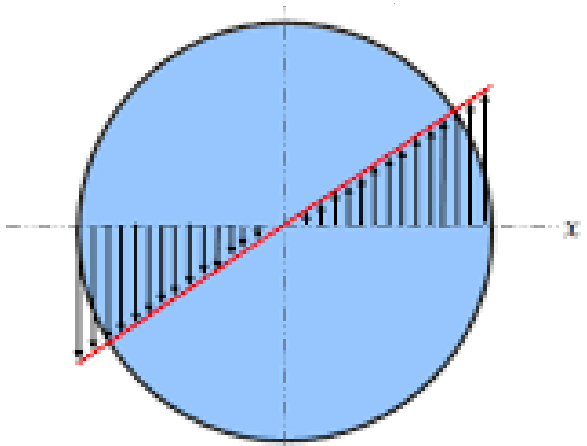
where

T = applied torque
r = radius of the plate.

The shear strain (γ) is calculated using the following equation:

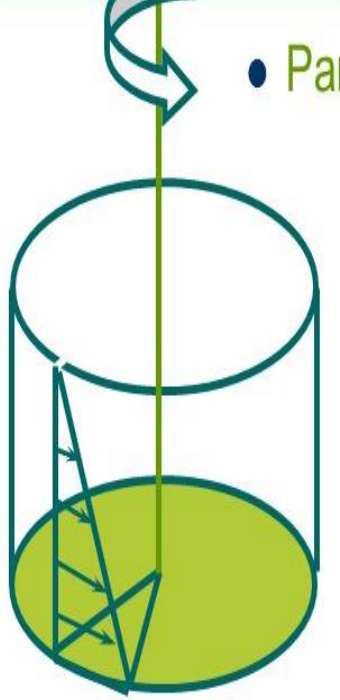
$$\gamma = \frac{\theta r}{h}$$

where θ = deflection or angle of rotation.



where

Δt = time shift
t = cycle time.



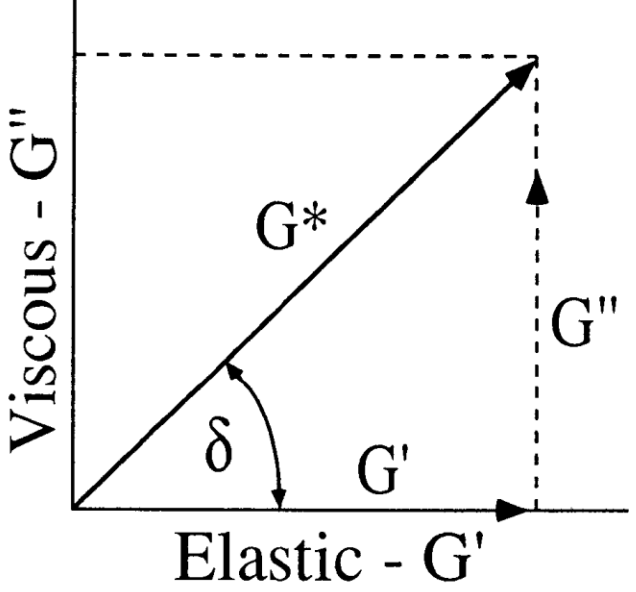
$$\delta = 360\frac{\Delta t}{t},\ degrees$$

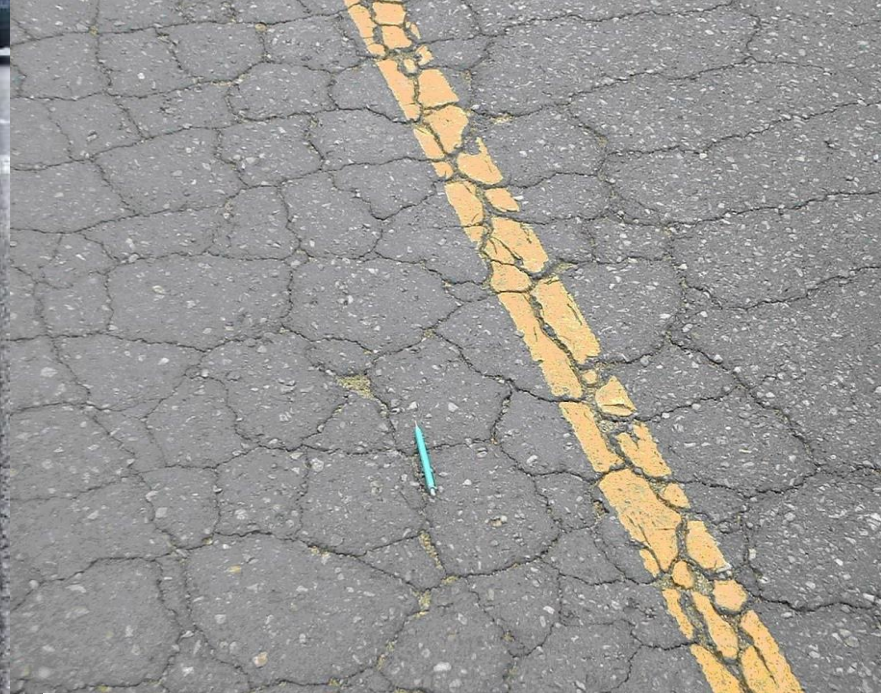
or

$$\delta = 2\pi\frac{\Delta t}{t},\ radians$$

To minimize rutting, the stiffness value, $G^*/\sin\delta$, of the binder after the RTFOT must be greater than 2.2 kPa at the maximum 7-day average pavement design temperature. To control possible tenderness, if aging does not occur during construction, the stiffness value $G^*/\sin\delta$, of the tank or original unaged asphalt must be greater than 1 kPa at the same pavement temperature.

To control fatigue, the stiffness value, $G^* \sin\delta$, of the binder after the RTFOT and PAV aging must be less than 5,000 kPa at the approximate average (termed "intermediate") pavement temperature. Since the average temperature will decrease as the maximum pavement temperature decreases, this requirement may cause a given asphalt binder which satisfies a PG 58- criteria to fail the PG 52- criteria because of the intermediate temperature requirements, though not the high temperature requirements.

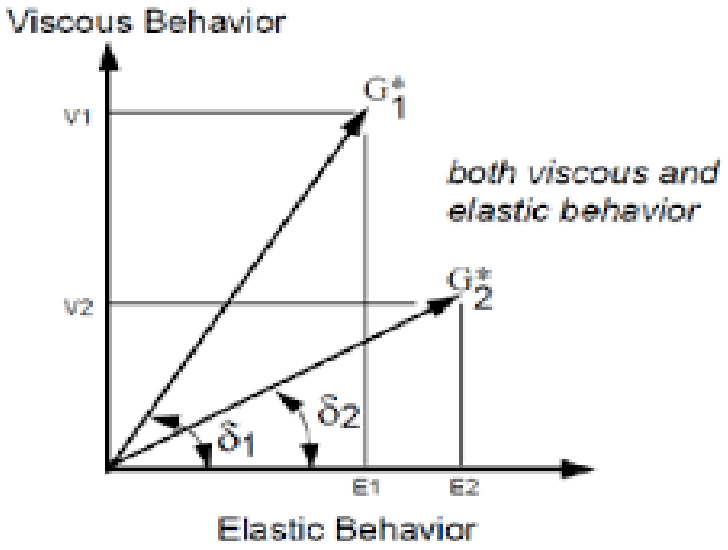




Rutting

Fatigue Cracking

$$\sin \delta = \frac{G''}{G^*}$$



Superpave DSR test requirements:

G*/sin δ on unaged (original) asphalt binder > 1.00 kPa

G*/sin δ on RTFO aged asphalt binder ≥ 2.20 kPa

We want a *stiff, elastic* asphalt binder to resist rutting (for the early part of the service life)

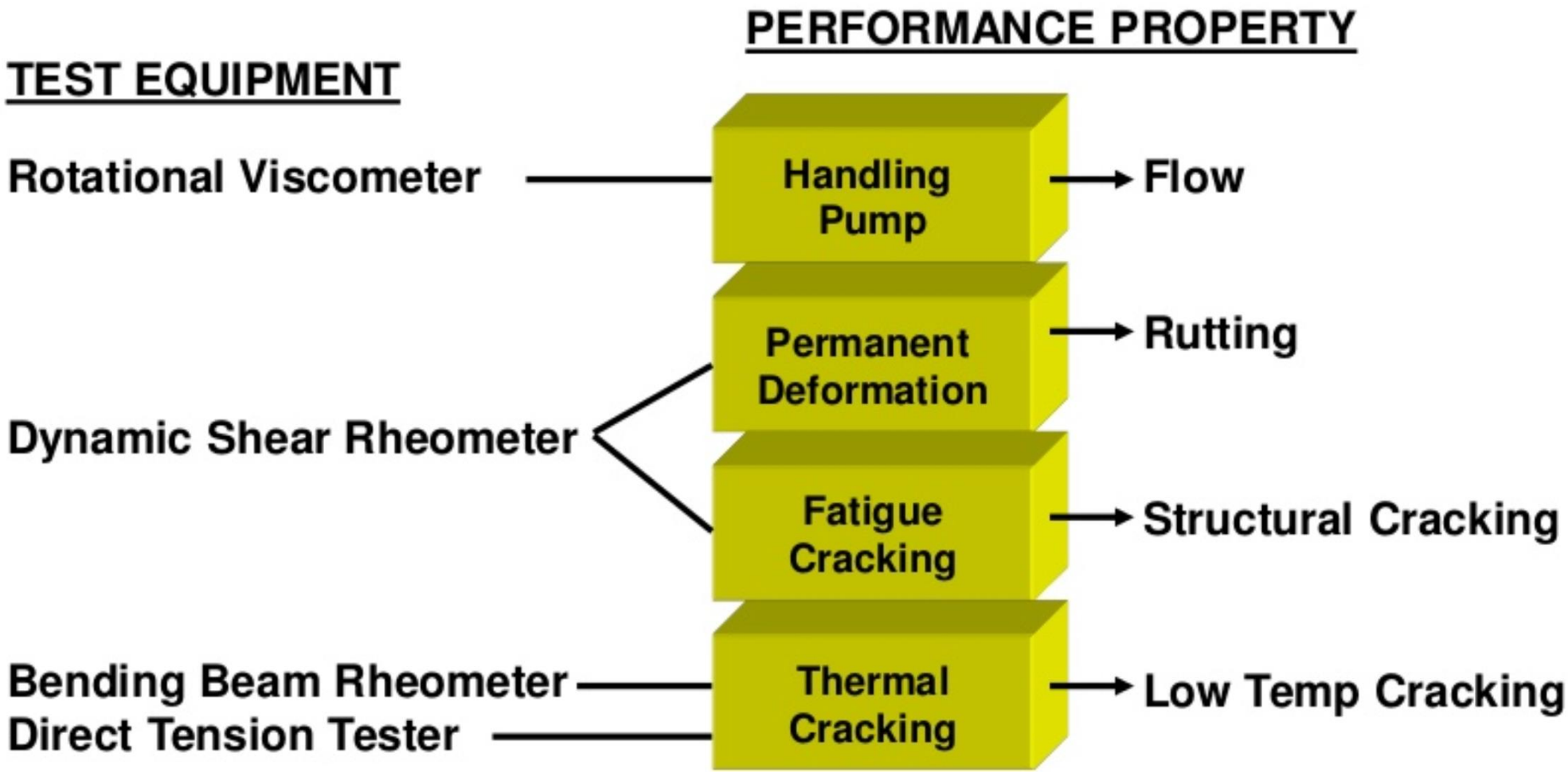
(By increasing G* or decreasing δ)

- G* (sin δ) on RTFO and PAV aged asphalt binder
- The parameter addresses the later part of the fatigue life
- Value must be ≤ 5,000 kPa

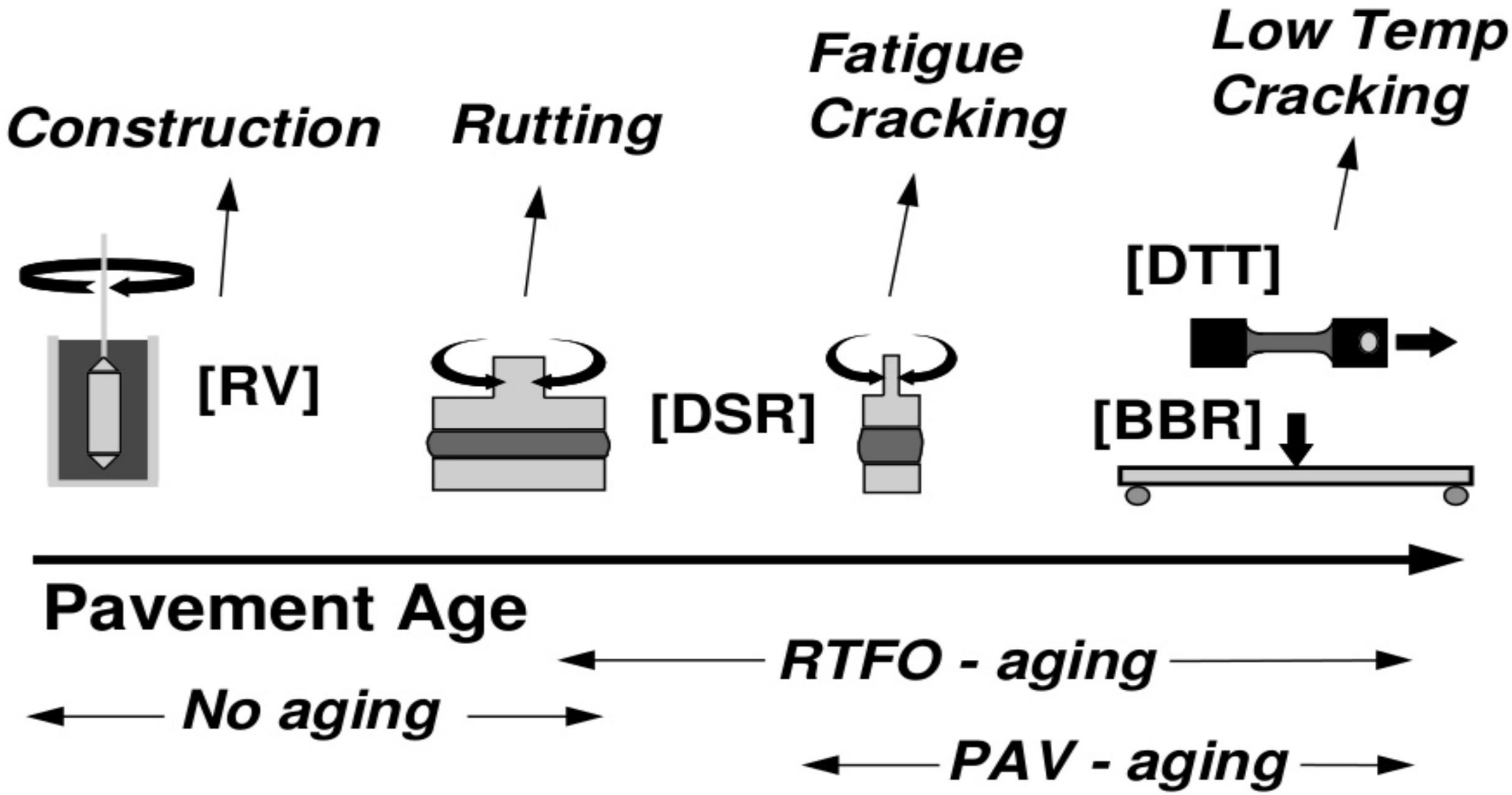
We want a *soft elastic* asphalt binder to sustain many loads without cracking (By decreasing G* or decreasing δ)

TIME FOR REVIEW

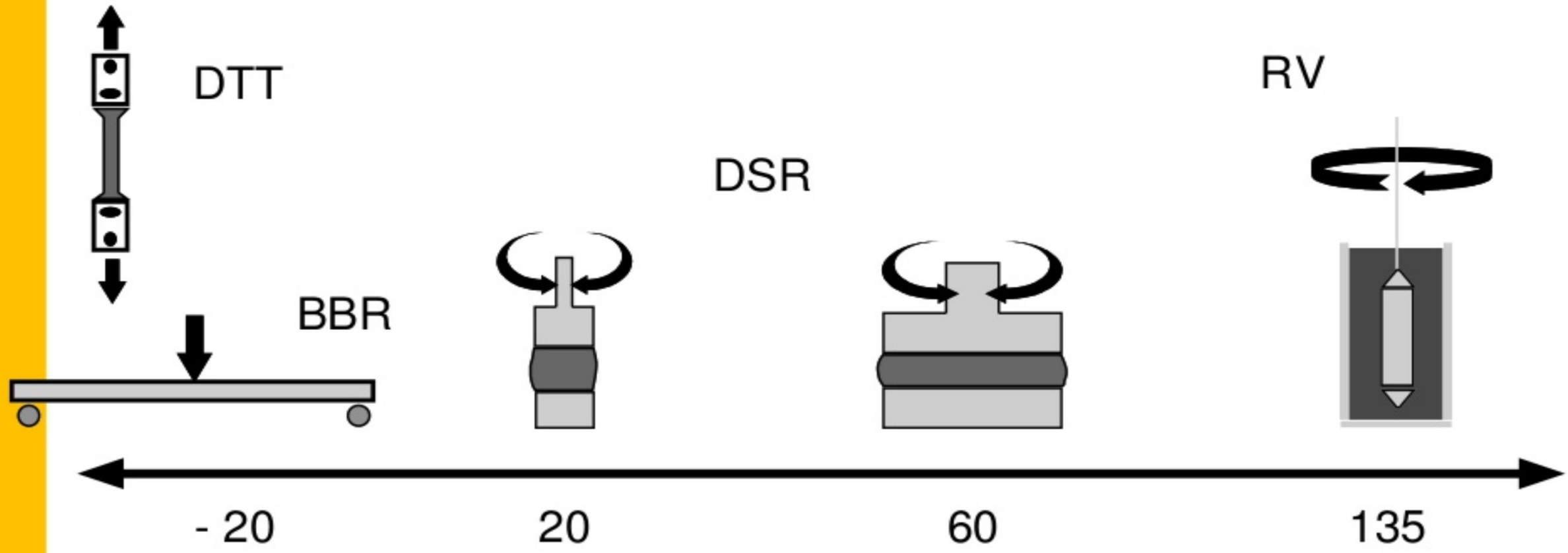
- **Superpave specification attempts to measure properties that are directly related to pavement field performance**



Superpave Binder Equipment



Superpave Binder Equipment



Performance Grade	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64						PG 70						PG 76					PG 82				
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
Average 7-day Max Pavement Design, Temperature. °C	< 46			< 52							< 58					< 64						< 70						< 76					< 82				
Min Pavement Design, Temperature. °C	-34	-40	-46	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34
ORIGINAL BINDER																																					
Flash Point Temp,T48, Min °C	230																																				
Viscosity, ASTM D 4402: Max.3 Pa's, Test Temp. °C	135																																				
Dynamic Shear,TP 5 Min,1Kpa G*/sin8 Test Temp @ 10 rad/s.°C	46			52							58					64						70						76					82				
ROLLING THIN FILM OVEN RESIDUE (T 240)																																					
Mass loss,Max, percent	1.00																																				
Dynamic Shear,TP 5 Min,2.20 Kpa G*/sin8 Test Temp @ 10 rad/s.°C	46			52							58					64						70						76					82				
PRESSURE AGING VESSEL RESIDUE (PP 1)																																					
PAV, Aging Temperature °C	90			90							100					100						100 (110)						100 (110)					100 (110)				
Dynamic Shear,TP 5 Min,5000 Kpa G*/sin8 Test Temp @ 10 rad/s.°C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
Physical Hardening	Report																																				
Creep Stiffness, TP 1 Determine the critical cracking temperature as described in PP 42	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24
Direct Tension, TP 3 Determine the critical cracking temperature as described in PP 42	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

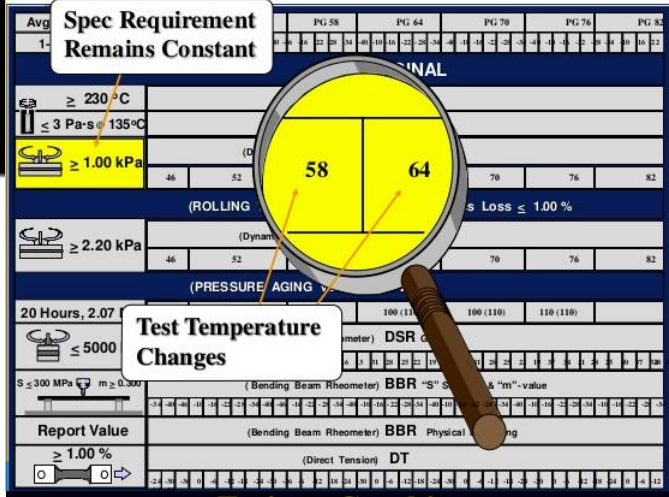
PG Binder Specifications

asphalt institute

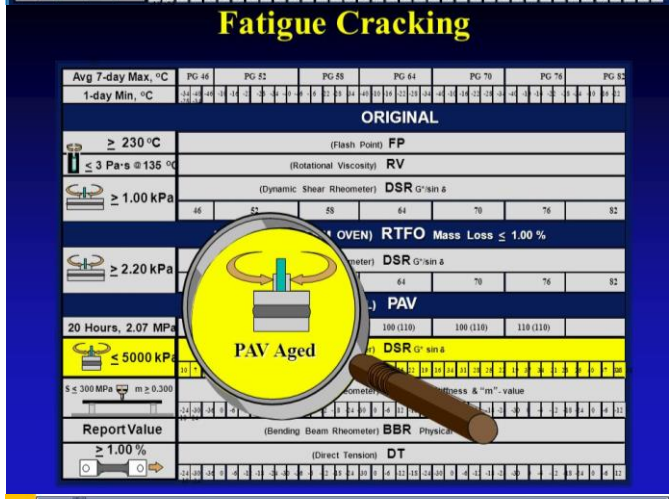
The PG grading system is based on Climate

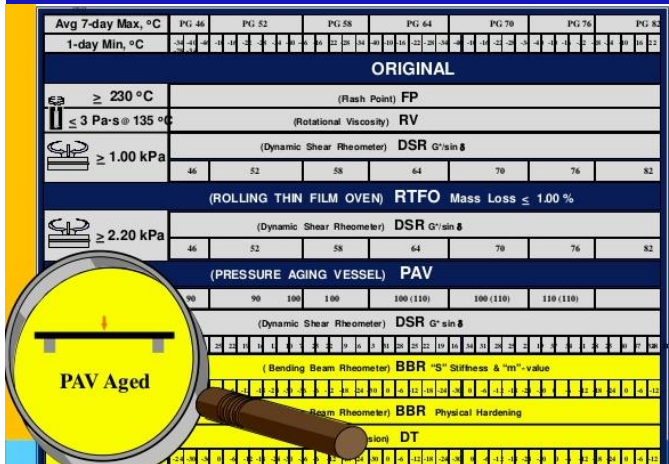
PG 64 - 22

- Performance Grade
- Meets all requirements up to this temperature (°C)
- Meets all requirements down to this temperature (°C)



Fatigue Cracking





Thank you