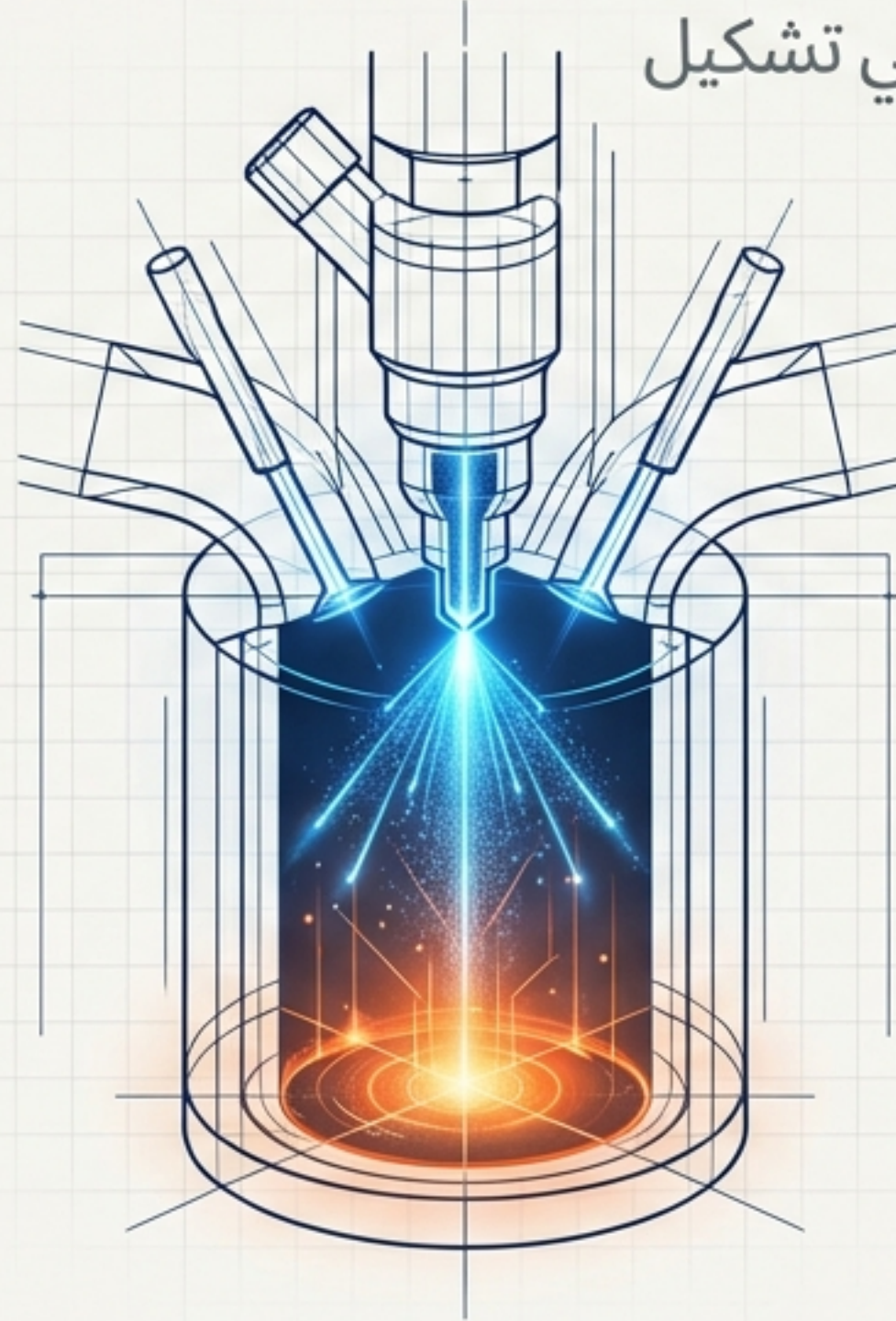


المخطط الهندسي الذكي: رحلة تطور أنظمة حقن الوقود

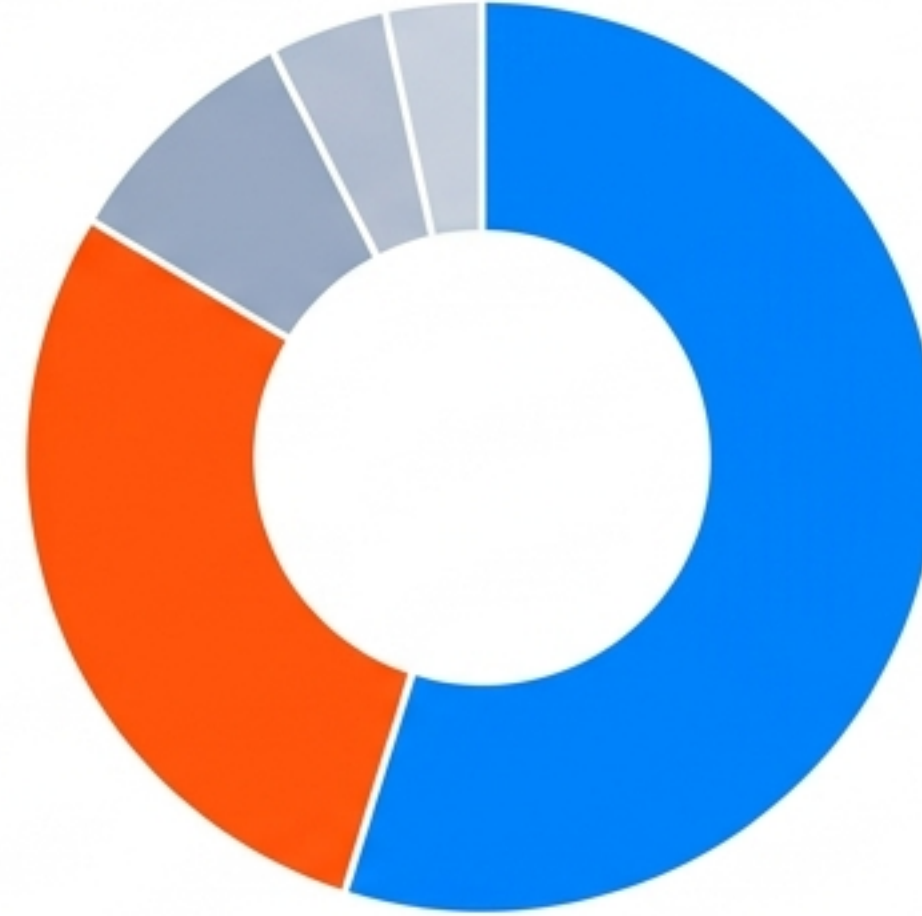
كيف تعيد فيزياء الرذاذ والذكاء الخوارزمي تشكيل
مستقبل محركات الاحتراق الداخلي





نمو السوق: القيمة بالمليار
دولار (2025 - 2032)

معدل النمو السنوي المركب
(CAGR) بقيمة 7.8%



سيارات الركاب
الحقن المباشر للبنزين (GDI)

منطقة آسيا والمحيط الهادئ
تقود الطلب العالمي



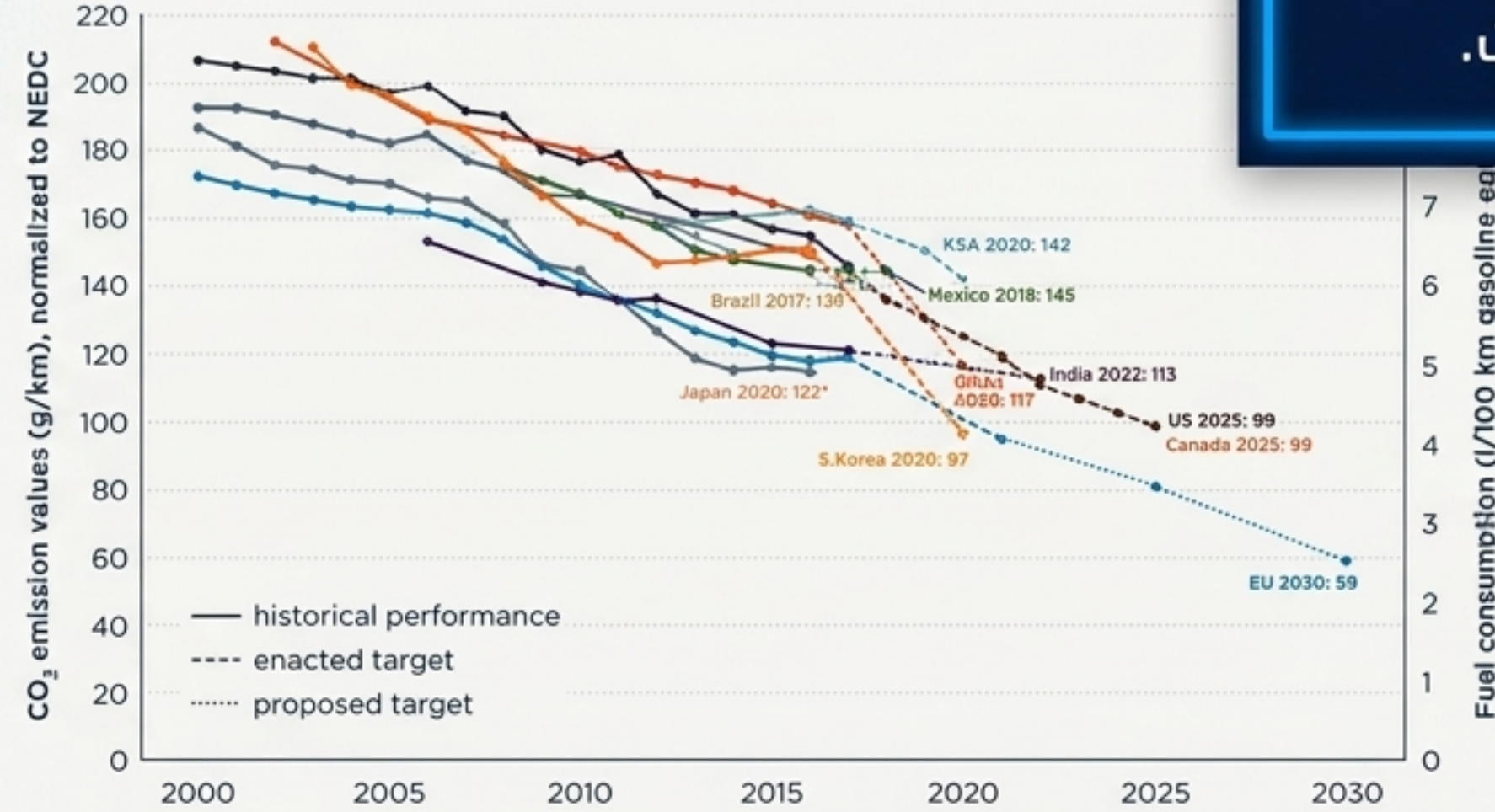
المحركات الأساسية للسوق

الامتثال البيئي

التحول الإجمالي نحو تقنيات
حقن متقدمة وعالية الضغط
لتلبية معايير الانبعاثات الصارمة
في محركات البنزين والهجينة.

الضغوط التنظيمية: المحفز الأول للابتكار الهندسي

معايير (Euro 6d) في أوروبا
و (China VI) في الصين تفرض
تقليصاً جذرياً في الانبعاثات.



المشكلة:

القيود الصارمة على ثاني أكسيد الكربون (CO₂) والجسيمات الدقيقة تهدد بقاء محركات الاحتراق.

الحل الهندسي:

القياس الدقيق للوقود، أنظمة الحقن عالي الضغط، والإدارة الإلكترونية المتقدمة.

مصفوفة عمالقة فورد: استراتيجيات مختلفة، وتكنولوجيا حقن مشتركة



محرك (3.5L EcoBoost® V6)

سحب الهواء: شاحن توربيني مزدوج

القوة: 400 حصان | العزم: 500 رطل-قدم

نسبة الانضغاط: 10.5:1

التبريد: مبرد هواء مدمج



محرك (5.0L PFDI V8)

سحب الهواء: تنفس طبيعي

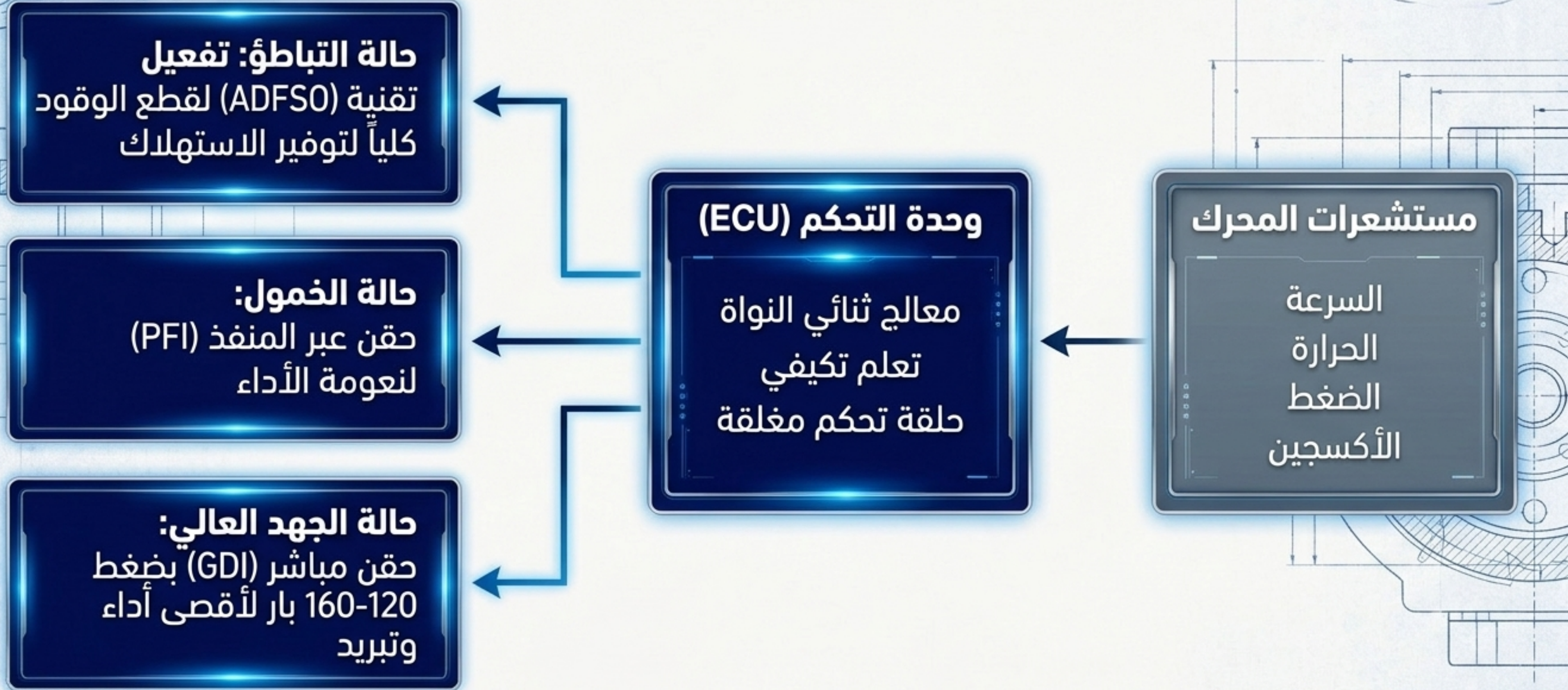
القوة: 400 حصان | العزم: 410 رطل-قدم

نسبة الانضغاط: 12:1

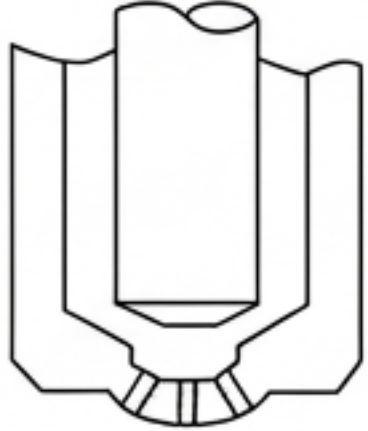
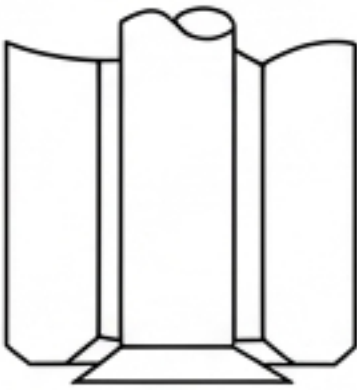
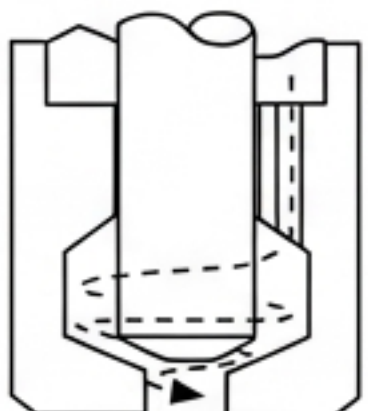
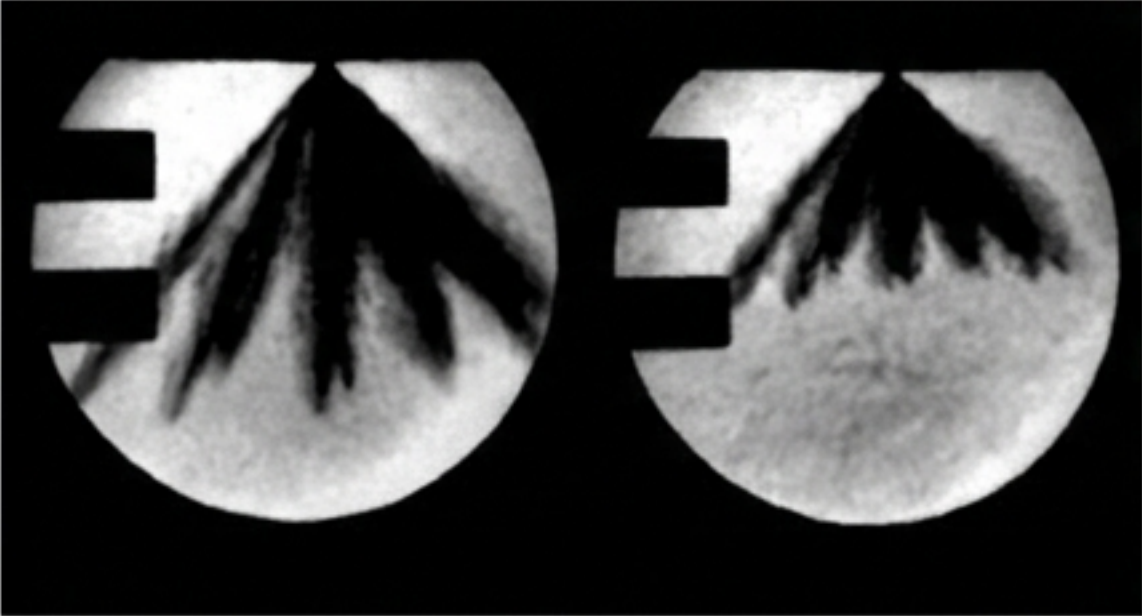
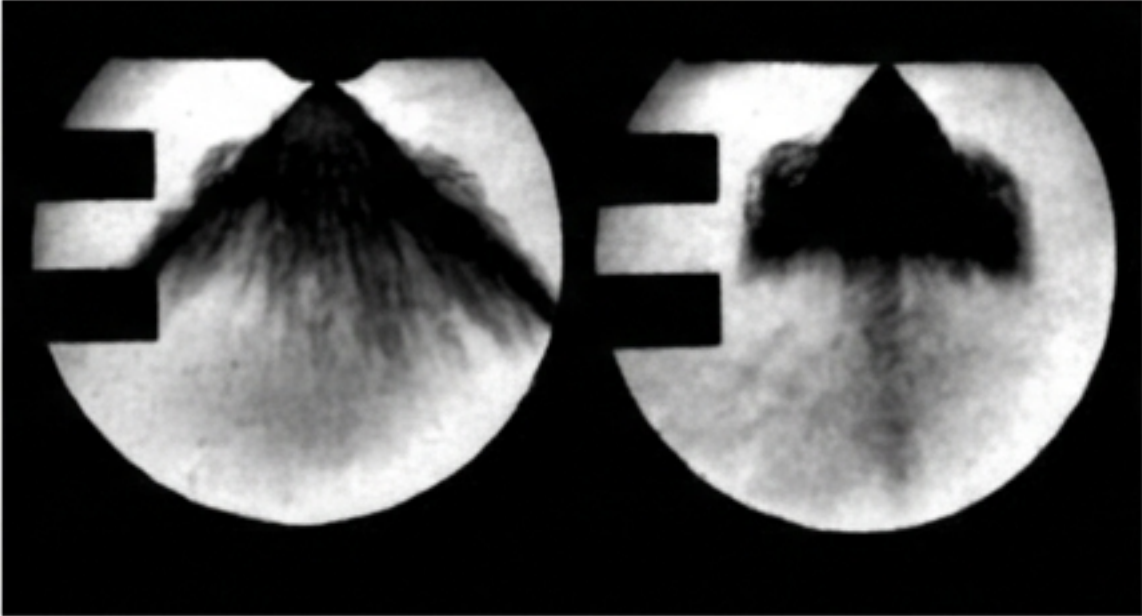
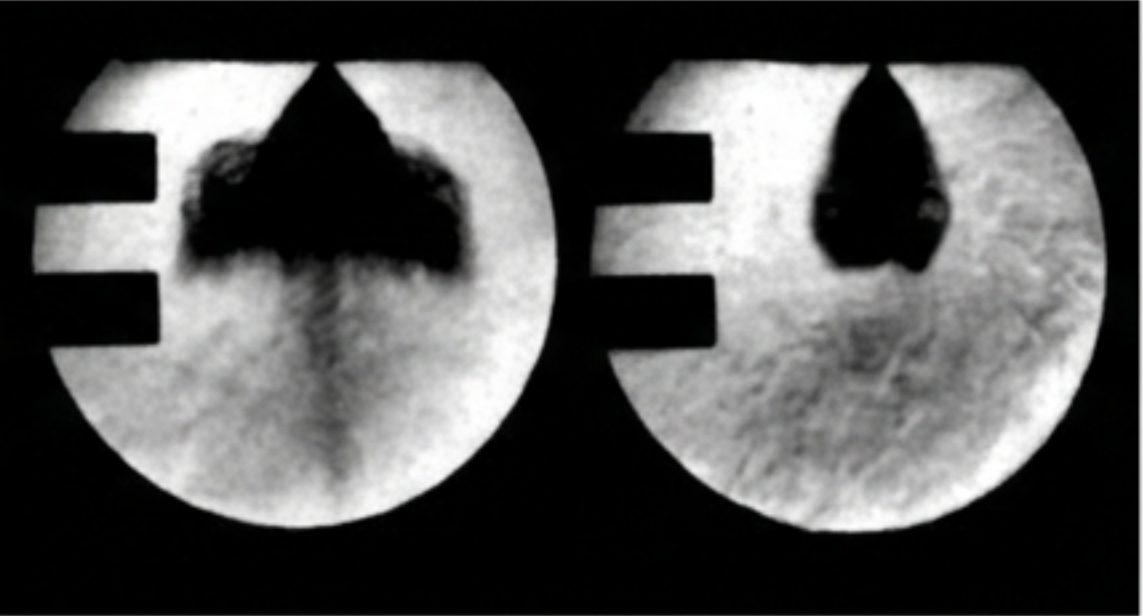
الصمامات: نظام (Ti-VCT) وتكنولوجيا الرش البلازمي

القاسم المشترك: كلا المحركين يعتمدان على نظام الحقن المزدوج (PFDI) وتقنية القطع الذكي للوقود (ADFSO).

الإدارة الذكية: العقل المدبر لعملية الحقن



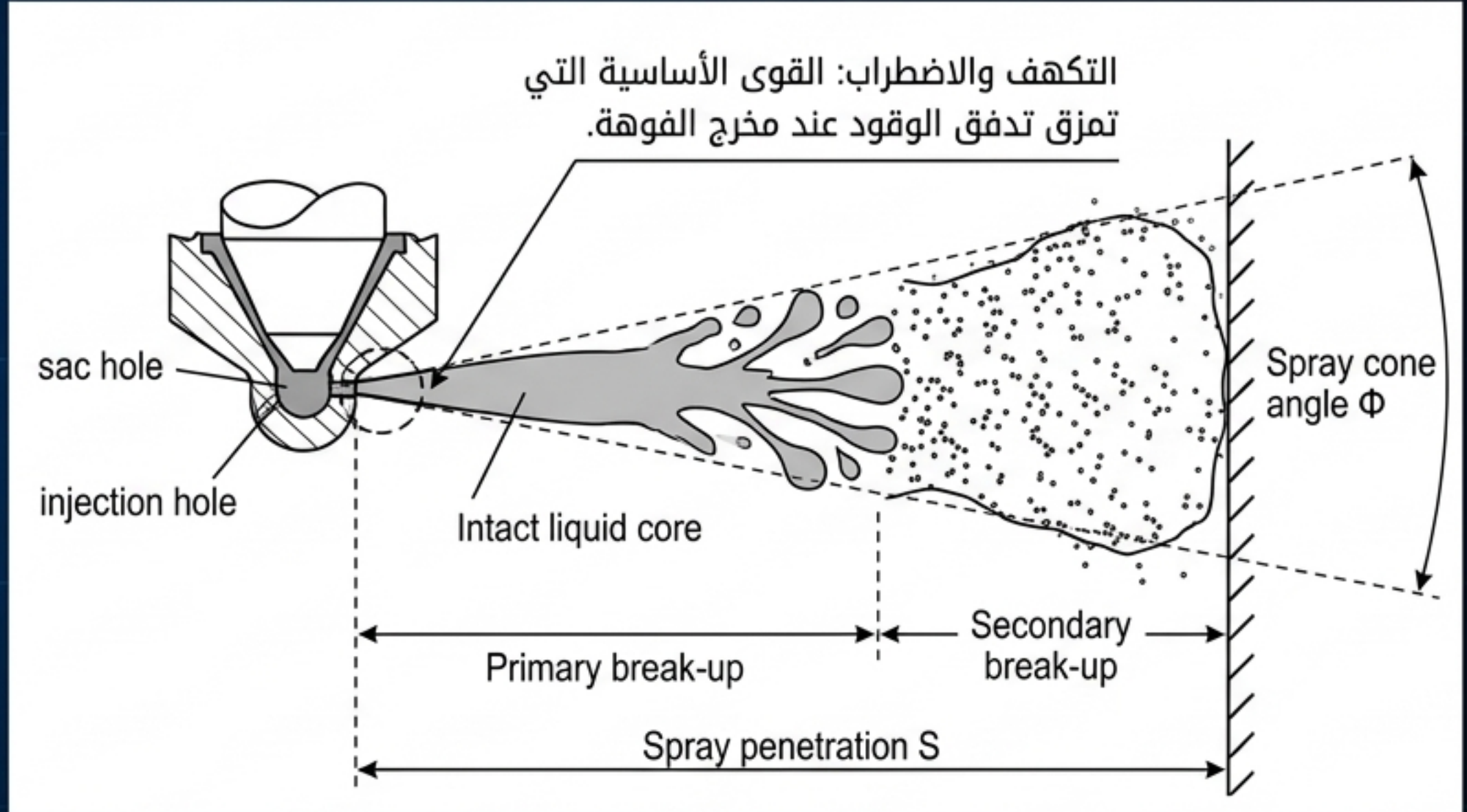
المصفوفة التشخيصية لتشريح فوهات الحقن

متعددة الثقوب (Multihole)	تفتح للخارج (Outward-opening)	دوامية (Swirl)
		
		
المرونة: ممتازة (++) جودة التريذ: ضعيفة (-) مقاومة الانسداد: ضعيفة (-)	شكل الرذاذ: مخروطي مجوف جودة التريذ: متوسطة (0) مقاومة الانسداد: ممتازة (++)	شكل الرذاذ: مخروطي مجوف إمكانية إمالة المحور: ممتازة (++) جودة التريذ: ممتازة (++)

فيزياء الرذاذ: التفكك الأولي لقطرة الوقود

الأرقام اللابعديّة الحاكمة

- رقم ويبر: قوى القصور الذاتي مقابل التوتر السطحي.
- رقم رينولدز: القوى الداخلية مقابل اللزوجة.
- رقم أونيسورج: يحدد نظام التفكك من تكسر رايلي إلى التريذ الكامل.



نموذج شد الحبل: ميكانيكا التفكك الثانوي

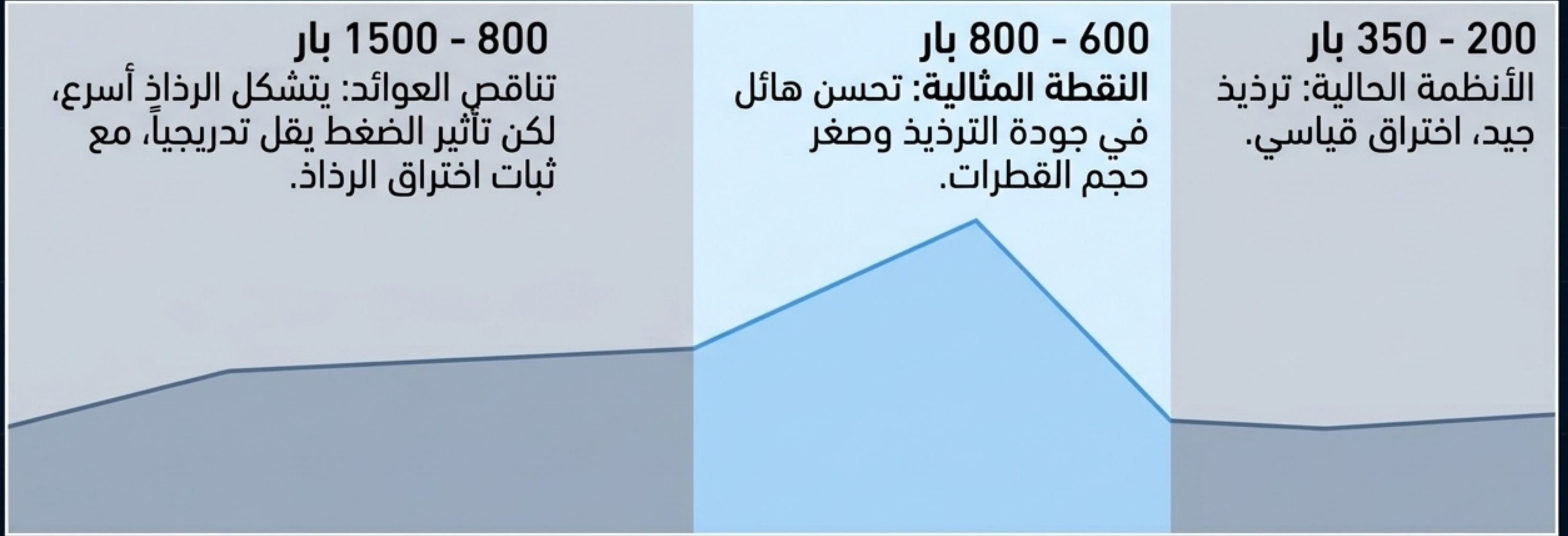
قوة التماسك:
التوتر السطحي يحاول الحفاظ
على شكل القطرة.



قوة التمزيق:
السحب الإيروديناميكي
يمزق القطرة لقطرات أصغر.

السرعة العالية للحقن تزيد من قوة السحب، لتتصر على التوتر السطحي
وتنتج رذاذاً أنعم يتبخر بشكل أسرع.

حدود الضغط الفائق: من 200 إلى 1500 بار



الخلاصة: الضغط ليس حلاً مطلقاً؛ يجب تحديد نقطة التشبع لتحقيق التوازن بين كفاءة الاحتراق وتكلفة النظام.

خريطة تفاعل الرذاذ والهواء

سحب الهواء المحفز:
الرذاذ السريع يسحب الهواء المحيط، مما يسرع التبخر ويخلق خليطاً مثاليًا للاحتراق.



تحذير: خطر الارتطام بالجدار.
اختراق الرذاذ العالي قد يؤدي لاصطدام الوقود بأسطوانة المحرك، مما يزيد الانبعاثات.

الخلاصة: خطر الارتطام الجدار. دأ لشجر تملين ممقاصة القحق الخلليجي
والنصرلة ابتيه المصلتمس والإنعادة الاحذران.

معادلة البقاء لمحركات الاحتراق الداخلي



الابتكار لم ينتهِ؛ بل انتقل من الميكانيكا الكبيرة إلى ديناميكا الموائع والإدارة الخوارزمية.