디이젤機関의 冷始動性向上에 關與하는 몇개의 因子와 方策에 対하여

Some Factor and Aids for Improving the Startability in Diesel Engine

趙 珍 鎬
(漢陽工大)

1. 머 리 말

디이젤機関의 冷始動性이 가솔린機関에 比하여 떨어지는 것은 이미 우리가 알고 있는 事実이다. 近年에는 小型트럭, 乘用車, 小型建設機械등의 分野에 있어서도 高速디이젤機関을 널리 使用하게 되었고 앞으로 디이젤燃料의 重質化 및 세탄価 低下의 傾向등을 고려할 경우 始動性의 確保는 더욱 重要한 問題로 된다.

始動性에 영향을 미치는 因子 혹은 始動性改善의 方策으로서는 噴霧의 着火에 直接 関連되는 것 외에 축전지의 低温特性 혹은 機関의 摩擦토오크 등 여러가지에 걸쳐 있으나 이들 중에서 特히 噴霧의 着火에 直接 関連되는 方策에 関해서는 그것이 始動性에 미치는 영향에만 그치는 것이 아니고 始動開始直後에 있어서 排出가스, 혹은 出力性能등에 미치는 영향에 대해서도 함께 고려를 하여야 할 경우가 있다.

本稿에 있어서는 冷始動時의 噴霧의 着火에 対하여 直接 関連하거나 그것을 促進 시킨다고 생각되는 몇개의 因子와 具体的인 方策을 取扱하므로써 그것들이 始動性 및 始動直後의 青白煙 혹은 出力性能등에 대하여 미치는 영향에 대해서 記述하며 아래에서 取扱되는 始動時의 着火를 促進하기 위한 実際的인 因子 및 方策은 어느 것이나 基本的으로는 하나의 개념에 集約된다. 즉 그것은 燃料와 酸素로부터 이루어지는 燃焼系에 있어서 着火條件을 갖추어야함을 말할것도 없다.

2. 一般的인 始動條件과 始動性 사이의 関係

2·1 燃料噴射時期의 영향

噴霧의 着火에 対하여 크게 영향을 미치는 始動條件의 하나로 燃料噴射時期가 있다.

먼저, 始動開始時로부터 初爆 및 完爆이 얻어지기까지의 사이에 經過하는 사이클의 数와 燃料噴射時期와의 関係를 한例로서 그림 1에 表示한다. 즉 어느 噴射時期에 있어서나 初爆後에 있어서 若干의 사이클이 經過된 後에 完爆이 얻어지고 있으며 그 경우 初爆 혹은 完爆이 얻어지기까지의 着火사이클数가 最小로되는 噴射時期가 存在한다.

一般的으로 着火사이클数가 最小로되는, 즉 始動性이 最良으로되는 噴射時期에 있어서는 着火遅延도 最小로 된다고 생각되므로 始動性이 最良으로

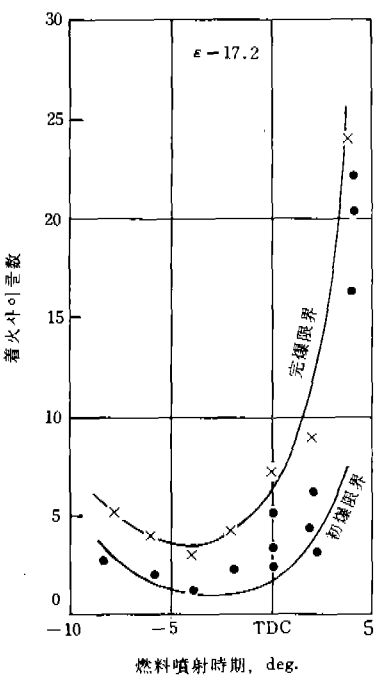
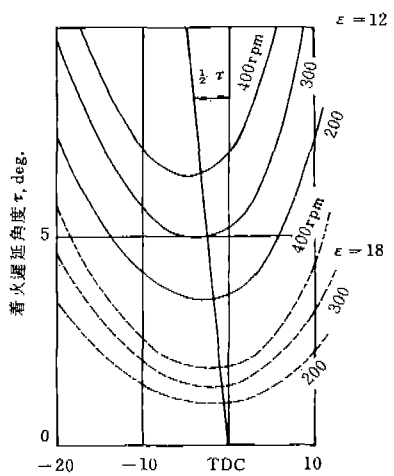


그림 1. 燃料噴射時期가 始動時의 初爆 및 完爆에 미치는 影響(直接噴射式機関, 200rpm)

되는 理論上의 燃料噴射時期는 그 경우에 있어서 着火遲延角度의 丈만큼 上死点으로부터 앞선 時期로된다. 그림 2는 壓縮比 및 回転速度를 変化시킨 경우에 있어서의 燃料噴射時期와 着火遲延과의 사이의 理論的인 関係를 나타낸것이다. 이 경우의 着火遲延은 Wolter의 着火遲延의 式을 基本으로하여 Livengood의 着火條件에 의하여 計算하여 얻어진 값이다.[1]

그림에서와 같이 着火遲延이 最小로되는 燃料噴射時期에 있어서는 着火遲延角度의 增加에 따라서 燃料噴射時期가 前進되어 있다는 것으로부터, 例를 들면 壓縮比의 低下 혹은 始動時에 있어서의 回転速度의 上昇등에 의한 着火遲延角度의 增加에 따라서 始動性이 最良으로 되는 燃料噴射時期는 前進시키지 않으면 안된다는것을 알 수 있다. 한편 始動直後에 있어서도 燃料噴射時期가 지나치게 늦거나 혹은 지나치게 빠르면 失火가 많아지고 그것에 따라서 始動後에 發生하는 青白煙이 增加하는 경우가 있다. 또한 出力運転時에 있어서도 最近에는 燃燒騷音 혹은 NO_x 低減対策의 하나로서 燃料噴射時期를 遲延시키는 傾向이 있으나 이것과 始動特性을 総合的으로 고려하여 噴射時期를 設定하는 것이 必要하다.



—은 $\varepsilon=12$, ···은 $\varepsilon=18$인 경우를 각각 표시한다.

그림 2. 燃料噴射時期와 着火遲延과의 理論的 関係

2・2 燃料噴射量의 영향

冷始動時의 燃料噴射量은 보통 最大出力時의 1.5～2倍程度가 必要한 것으로 되어 있다. 例를 들어서 日本의 大鹿[2]는 壓縮比 21.5, 2188cc인 副室式 디이젤機関에 있어서 그림 3에서와 같은 燃料噴射量과 完爆까지의 時間과의 関係를 얻고있다. 이경우 全負荷時에서의 噴射量은 거의 30mm³/stroke로 되어있는 것으로부터 그것의 1.5倍以上의 燃料를 噴射하면, 良好한 始動性이 얻어지는 것이 明白하다. 또한 燃料噴射量의 增加에 따른 始動性의 向上에 関해서는 여러가지 理由가 있는 것으로 생각된다.

예를들면 A. E. Austen 등에 의하면[3] 噴射된 燃料의 一部는 始動開始後 실린더内에 徐徐히 蓄積되고 実質的인 壓縮比의 增加 혹은 피스톤과 라이너와의 사이의 氣密性向上등이 얻어지기 때문이라고 되어 있다.

한편 日本의 深澤[4]는 噴射量의 增加에 의하여 실린더内에 蓄積된 燃料가 增加되고 그것이 壓縮에 의하여 前炎反應을 일으켜서 主燃料의 着火를 助長하기 때문이라고 하고 있으며, 또 始動時에 있어서 数回多量으로 噴射된 뒤에 噴射量을 減少시키면 着火가 比較的 容易하게 얻어지는 것으로부터 噴射量增加에 따른 噴霧의 氣化潜熱의 增加가 始動性을 悪化시키는 方向으로 作用하고 있음을 指摘하고 있다.

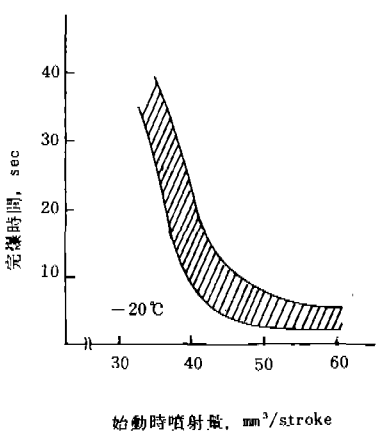


그림 3. 始動時에 있어서 燃料噴射量과 始動性과의 関係[2]

2·3 回転速度의 영향

一般的으로 始動時의 平均回転速度가 增加됨에 따라 壓縮壓力 및 温度는 上昇하나 한편으로는 噴射된 燃料가 高温, 高壓下에 保持되는 時間이 短縮하게 된다. 즉 回転速度의 上昇에 따라 始動이 容易하게 되는 傾向을 나타내지만 回転速度가 지나치게 높아지면 始動性은 逆으로 惡化되는 경우가 있으며 그림 4에 表示된대로 어느 一定回転速度範囲에서 始動性이 最良으로 됨을 알 수 있다. 또 그림 4는 渦流室式 디이젤機関에서 始動이 可能하게되는 回転速度와 吸氣温度와의 関係를 나타낸 것이다. 또 이것에 関連된 現象으로서 比較的 低速時에 있어서의 着火와 그後의 回転速度가 上昇하였을 때의 失火가 始動開始後에 있어서 交互로 継続되는 경우가 있으나 이것도 그 原因 중의 하나는 위에서 説明한 回転速度의 上昇에 따른 着火條件의 変化에 起因되는 것으로 생각되고 있다[4] 또한 回転速度와 始動性과의 関係에 関하여서는上述의 因子外에도 예를 들어서 1사이클内에서의 回転速度変化, 燃料噴射量, 燃料噴射率 혹은 燃料粒子径의 分布등 여러가지의 因子가 영향을 미치는 것으로 생각된다.

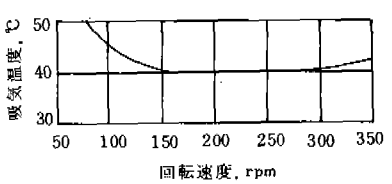


그림 4. 始動이 可能하게되는 回転速度와 吸気温度와의 関係[5]

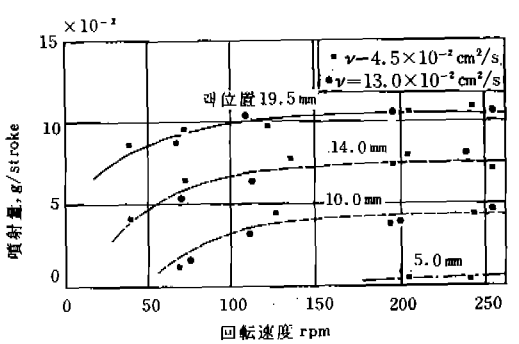


그림 5. 回転速度와 燃料噴射量[6]

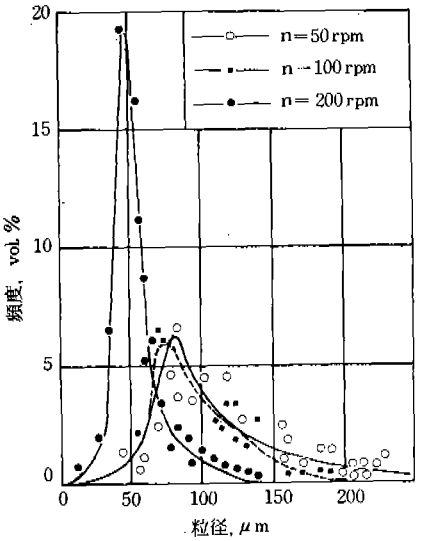


그림 6. 回転速度가 噴霧粒径分布에 미치는 影響[6]

1사이클内에서의 回転速度의 変化에 対해서는 平均回転速度가 低下될수록 壓縮端에서의 温度,壓力이 減少되고 1사이클内에서의 回転速度 変動이 增加하며 特히 燃料가 噴射되는 上死点付近에서의 回転速度가 極度로 低下되기 때문에 噴射된 燃料가 高温, 高壓下에 保持되는 時間이 짧어지게된다.

다음에 燃料噴射量에 대하여 言及하면 그림 5에서 표시된바와 같이 噴射펌프의 랙位置를 一定하게 維持시킨 경우에 있어서도 回転速度가 極度로 低下되면 噴射量이 減少하는 것은 잘 알려진 事実이나 이点으로부터도 低速時에 있어서 燃料噴射量의 減少에 따라 始動性의 低下가 일어날 수 있다는 것이 理解된다. 또한 그림 6은 回転速度가 変化한 경우의 噴霧粒径의 分布를 나타낸 것이다. 回転速度의 低下에 따라 燃料粒径은 大幅的으로 增大하고 있고 始動性이나 始動後의 排出가스 등에 대하여 어떤 좋지못한 영향을 미치고 있는 것으로 생각된다.

2·4 冷却水温度의 영향

水冷디이젤機関에 있어서는 始動할때에 비로소 冷却水를 加熱하여 그 温度를 上昇시키는 것이 可能하게되며 또 그것에 의하여 始動性의 向上을 図謀할 수 있다. 그림 7은 直接噴射式 디이젤機関에서 壓縮比를 変化시켰을때의 冷却水温度와 完爆가

지 經過한 사이클의數와의 関係를 나타낸 것이다. 즉 어느 壓縮比에 있어서나 冷却水溫度가 低下됨에 따라 急速하게 始動性이 惡化하고 있음이 明白하다.

따라서 그림 7에 나타난 데이타를 基本으로하여 始動開始後 一定한 사이클數에 있어서 始動을 確保하는데 必要한 壓縮比와 冷却水溫度와의 関係에 대하여 調査한 結果를 그림 8에 表示한다. 여기서 確認되는바와 같이 完爆까지의 經過사이클數가 같다는 條件下에서 始動性을 確保하기 위하여서는 壓縮比가 低下됨에 따라 冷却水溫度를 높여야 할 必要가 있음은 當然하나 壓縮比가 12以下인 低壓縮比의 경우에 있어서는 冷却水溫度를 大幅的으로 높이지 않으면 안된다는 것이 明確하다. 그리고 이들의 傾向은 外氣溫度에 따라서 若干 變化하나 直接噴射式機関에 있어서 外氣溫度를 −5℃까지 低下시킨 実驗結果에 의하면 冷却水溫度를 上昇시킨다고 하는 手段에 의해서는 壓縮比가 12以下인 경우의 始動性確保는 実用上 困難하다는 것을 알 수 있다.

出力運転時에 있어서도 冷却水溫度를 上昇시킨 경우에는 低負荷域에 있어서 燃費率 및 燃燒騷音의 改善効果가 認定되나 한편에서는 高負荷時에서의 燃費率 및 吐煙은 充塡効率의 低下로 若干 惡化되는 傾向을 나타내고 있다.

또 그림 9에서와 같이 冷却水 溫度를 上昇시킨 경우에는 그것에 따른 燃燒室壁面溫度의 上昇에 의하여 始動後의 青白煙이 改善될 수 있음이 確実하다. 그리고 一般的으로 冷却水溫度를 上昇시킨 경우에는 機関本体 혹은 潤滑油등의 溫度上昇에 따라 始動時의 回転速度가 높아지는 傾向이 있으므로 이 点에서도 冷却水溫度의 上昇이 始動性에 대하여 有利하게 作用하고 있음이 分明하다.

3. 主로 物理的인 効果에 의한 始動性의 向上

3·1 壓縮比 및 吸氣溫度의 增加와 始動性의 向上

壓縮比 및 吸氣溫度의 增加는 어느것이나 실린더內의 溫度를 上昇시키는 것이 되므로 始動時의 着火를 促進시킬 수 있다. 始動할 때 吸氣溫度를 上昇시키기 위한 具体的인 方策으로서는 吸氣매니

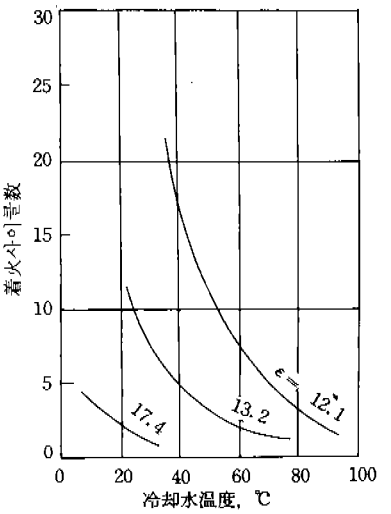


그림 7. 各圧縮比에 있어서 冷却水溫度와 始動性

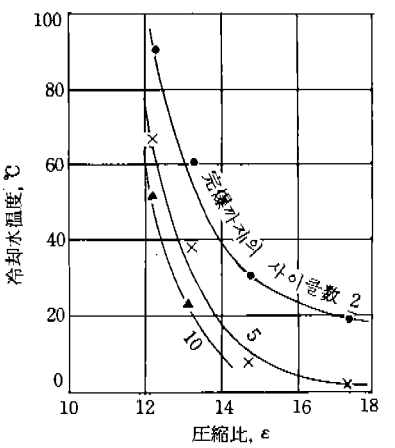


그림 8. 一定의 始動性을 얻기 위하여 必要한 冷却水溫度와 圧縮比

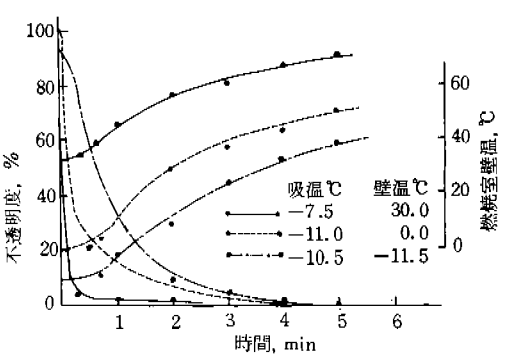


그림 9. 燃燒室壁溫과 低温스모우크와의 関係[7]

포올드內에서 少量의 燃料를 燃燒시키는 方法이 一般的이나 그것과 同時에 空氣를 導入하는 方法도 있다.

그림10은 直接噴射式디이젤機關에서 壓縮比를 變化시켰을때의 吸氣溫度와 噴射開始後 完爆까지의 經過사이클數와의 關係를 나타낸 것이다. 그림으로부터 알 수 있는바와 같이 壓縮比가 높을수록, 또 吸氣溫度가 높을수록 完爆까지의 사이클數는低減되고 始動性이 向上됨을 알 수 있다. 또 그림11은 이들의 데이타를 여러가지 경우에 있어서 壓縮末溫度와 完爆까지의 사이클數와의 關係로서 整理하여 修正한 結果이다. 이들의 結果로부터 壓縮末溫度와 完爆까지의 經過사이클數와의 사이에는 壓縮比 혹은 吸氣溫度에 關係없이 간단한 關係가 있음을 알 수 있다. 즉 壓縮比가 낮을 경우일지라도 吸氣予熱등의 手段에 의한 吸氣溫度의 上昇에 의하여 高壓縮比인 경우와 같은 壓縮末溫度를 얻을 수 있다고하면 그것과 거의 같은 程度의 始動性이 얻어진다고 생각된다. 또한 出力運転時에 있어서도 吸氣溫度를 上昇시켜서 機關을 運転하는 경우에는 着火遲延의 短縮으로 燃燒騷音이 低下되는 傾向이 얻어지나 한편으로는 充塡效率의 低下로 因하여 最大出力, 燃費率, 吐煙 혹은 NO_x등이 悪化된다고 하는 難点이 있다.[1]

따라서 出力運転時에는 吸氣溫度의 上昇이 바람직하지 못하다고하는 것은 말할나위가 없으나 始動直後에 있어서의 青白煙의 低減에 対해서는 그림12에 表示되어 있는 例와 같이 壓縮比의 增加나 혹은 吸氣予熱은 大端히 効果的이다.

3·2 吸氣 및 排氣의 드로트링効果

壓縮末溫度의 上昇을 目的으로 할 경우 吸氣溫度上昇외에 吸入行程에서의 吸入일량의 增加, 殘留가스量 및 溫度의 增加, 그리고 壁面으로부터 실린더內가스로의 流入熱量의 增加등이 고려된다. 吸入일량을 增加시키는 手法으로서 吸氣絞縮이 있고, 殘留가스量 및 그 溫度의 增加에 関連하여 排氣絞縮이 있다. 또 壁面으로부터 가스로의 流入熱量의 增加에 関連되는 하나의 手段으로서는 이미 説明되어 있는바와 같은 冷却水의 溫度上昇이있다. 먼저 吸氣絞縮이 始動性에 미치는 効果에 対해서는 深澤의 報告가 있다.[4] 즉 吸氣管內에 対하여 絞

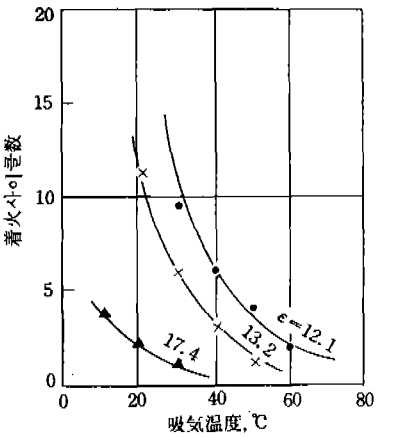


그림10. 各圧縮比에서 吸気温度와 完爆까지의 사이클수와의 関係

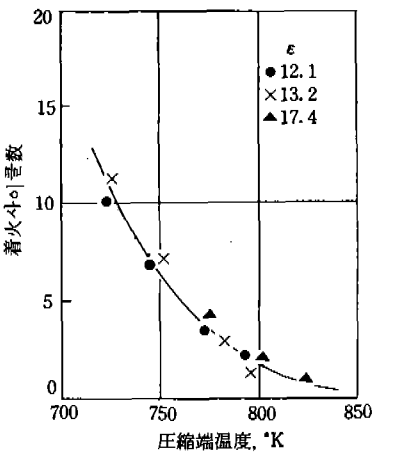


그림11. 圧縮末温度가 完爆까지의 사이클数에 미치는 영향

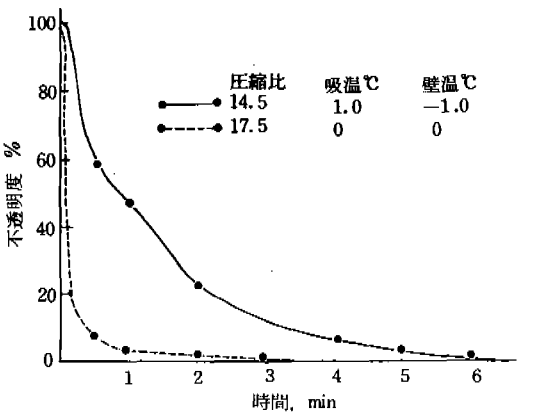


그림12. 圧縮比와 低温스모우크와의 関係[7]

縮벨브를 裝着하여 吸氣를 絞縮하면 壓縮壓力은 低下되나 壓縮末溫度는 上昇하고 어느 絞縮벨브의 開度(10~15%)에 있어서 壓縮溫度는 最大値를 나타낸다.

또 이와같은 事實을 利用하면 一般的으로 始動性이 나쁘다고하는 予燃燒室式機関에 있어서도 始動溫度를 10℃ 程度 내릴 수 있다.

한편 排氣絞縮에 의해서도 壓縮末溫度를 上昇시켜서 始動性의 改善이 可能하다. 그림13은 壓縮比가 19인 予燃燒室式機関에 있어서의 村山등의 実驗結果[8]이다. 피스톤断面積 F에 対한 排氣絞縮벨브의 開孔面積 f 의 比를 減少시킨다. 즉 排氣를 絞縮함에 따라 初爆 및 完爆까지의 時間은 短縮되며 거의 f/F=0.8%에 있어서 始動性은 가장 좋은것으로 되어 있다.

이경우 排氣를 絞縮한 狀態인채로는 1사이클을 건너서 爆發을 되풀이할 可能性이 있고 그대로 出力運転으로 移行하면 吸入効率이 低下되므로 適當한 時期에 排氣의 絞縮을 원상태로 풀어야 할 必要가 있다. 또 排氣絞縮을 한경우는 始動性은 물론 始動直後의 燃燒変動, 青白煙 혹은 未燃炭化水素등을 改善할 수가 있다.[9]

3·3 글로우플러그 및 点火플러그의 効果

直接噴射式機関에 比하여 一般的으로 始動性이 나쁘다고 생각되는 副室式디이젤機関에 있어서는 現在 글로우플러그의 採用이 常識化되어 있고 実際로는 시이즈형 혹은 始動能力이 높다고 하는 코일형의 글로우플러그가 使用되고 있다.

그림14는 直接噴射式機関에 있어서 燃料를 글로우플러그에 直接衝突시킨경우에 있어서 글로우플러그溫度와 着火까지의 經過사이클数와의 関係를 나타낸 것이다. 플러그溫度가 上昇됨에 따라 初爆 및 完爆까지의 經過사이클数가 減少하고 始動性이 顯著하게 向上되어 있는 것이 確認된다. 이 때 始動性에 対한 글로우플러그의 効果는 플러그와 噴霧와의 相対位置에 따라 크게 左右된다. 즉 그림15에 表示된바와 같이 噴霧속으로의 글로우플러그 挿入量을 增加시킴에 따라 完爆까지의 사이클数는 減少하고 良好한 始動性이 얻어지고 있다. 이 그림에서 플러그의 突出量은 30mm가 最大로 되어있으나 그 以上 突出되어도 始動性은 거의 変化하지 않는다.

以上의 結果로부터 噴霧가 글로우플러그에 対하여 完全히 衝突하는것과 같은 狀態에 있어서, 例를

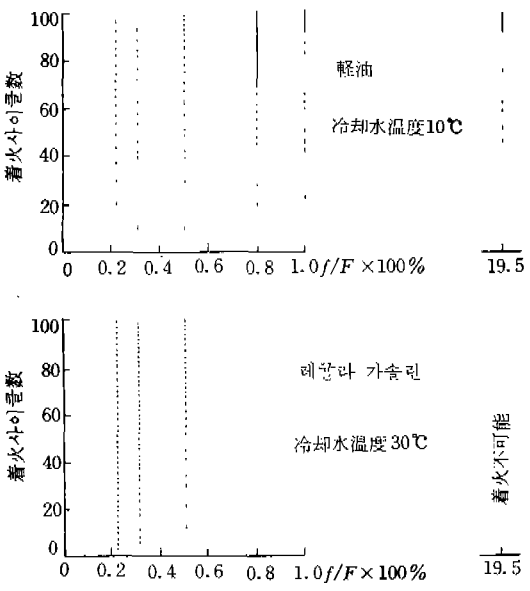


그림13. 排気絞縮이 始動開始後의 着火에 미치는영향[8] (f: 排気管断面積, F: 피스톤断面積)

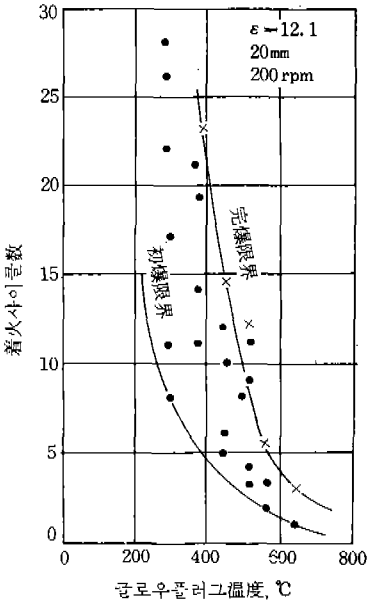


그림14. 글로우플러그温度와 完爆까지의 사이클数와의 関係

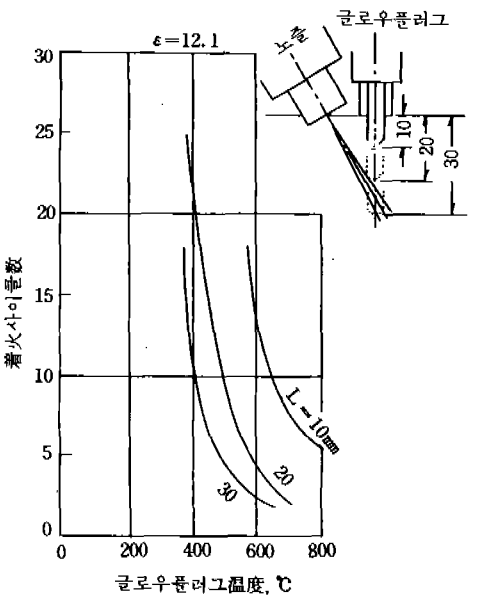


그림15. 글로우플러그의 突出量을 変化시켰을 때의 플러그温度와 完爆까지의 사이클数

들면 始動後 10사이클 以內에서 完爆을 얻기 위해서는 플러그温度가 약 450℃ 以上이면 良好하다는 것을 알 수 있다.

그림16은 글로우플러그를 使用할 경우의 燃料噴射時期와 完爆까지의 사이클数와의 関係를 表示한 것이다. 그림에서 글로우플러그를 裝着하지 않을 경우에는 噴射時期가 始動性에 미치는 影響이 比較的 큰것에 対하여 裝着한 경우에는 噴射時期에 의한 영향이 顯著하게 減少되고 있음이 명백하다. 또 글로우플러그使用時에 있어서의 始動性은 위에서의 因子以外의 要因, 예를 들면 壓縮比 혹은 吸氣温度등에는 거의 영향을 받지않는 것으로 報告되어 있다.[10] 이때 플러그에 供給하는 電流를 一定하게 抑制하는 경우에는 실린더內의 氣流나 渦流現象이 약할수록 플러그의 温度는 높아지는 傾向이 있다.

한편 出力運転時에 있어서 글로우플러그裝着의 有無에 따른 機関性能値의 比較例는 그림17과 같다. 글로우플러그를 裝着하고 그것에 電流를 供給하는경우에는 着火遅延의 短縮에 따라서 燃焼騒音이 改善되는데 対하여 高負荷域에 있어서의 燃費率 및 最大出力등의 悪化가 同伴된다.[11] 그리고 이 傾向은 壓縮比가 낮을수록 혹은 燃焼室內의 氣流등이 약할 경우일수록 顯著히 나타나므로 글로우플러그를 裝着할 때에는 이러한 点에 対하여도 配慮가 必要한 것으로 생각된다.

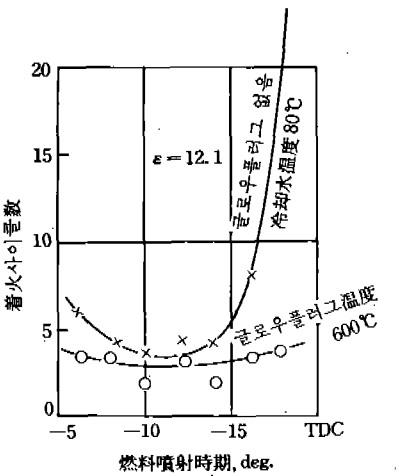


그림16. 燃料噴射時期가 글로우플러그 使用時의 始動性에 미치는 影響

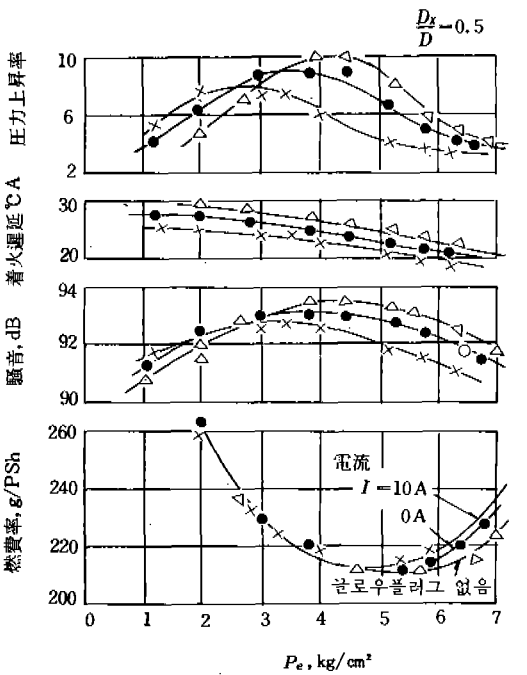


그림17. 글로우플러그裝着이 機関性能에 미치는 影響

以上 燃料噴霧가 글로우플러그에 直接的으로 衝突하고 또 그때의 플러그溫度가 큰 영향을 미치는 始動運転時의 諸現象에 対하여 説明하였으며 그밖에도 플러그가 空氣加熱의 熱源으로서 作用하고 壓縮末溫度가 支配的으로되는 始動의 狀況에 대해서도 報告가 되어있다.[12] 그리고 後者의 경우에는 前者에 比하여 始動을 얻기위한 플러그溫度가 높게 되어 있다.

다음에 点火플러그에 関해서는 예를 들어서, Hesselman 機関, TCCS機関 혹은 MAN의 FM機関 등 말하자면 多種燃料化를 겨냥한 一部의 機関에 使用되고 있으나 앞으로 알코홀燃料의 使用 등의 디이젤燃料의 세탄価가 大幅的으로 低下하는 可能性도 存在하므로 一般的인 디이젤機関에 있어서 点火플러그의 装着에 関하여도 充分한 検討가 必要하게 되었다.

渦流室式디이젤機関을 使用한 実験에 의하면 点火플러그가 始動性에 미치는 効果는 噴霧와 플러그의 位置, 혹은 噴霧時期와 点火時期와의 相対関係등에 따라서 크게 달라지나 全般的으로 보아서 燃料의 세탄価가 낮을수록 그 効果가 顯著해지는 傾向이있다. 또 普通의 輕油를 使用하는 경우에도 点火플러그의 装着에 따라 始動性은 약간 改善되나 그程度는 매우 작으며 出力運転時에서의 플러그의 영향은 거의 인정되지 못하였다.

3・4 기타 物理的인 効果에 의한 始動性의 向上

燃焼室内에서의 噴霧의 移動이나 分布라고 하는 観点에서보면 一般的으로 飛距離가 길수록 혹은그 経路에 있어서 가스溫度가 높을수록 着火는 促進된다.

예를 들면 直接噴射式디이젤機関에 있어서 피스톤캐비티内에서 이 噴霧가 衝突하는 壁面과 노즐과의 사이의 距離가 길수록 始動性은 向上되고 予燃焼室式의 경우에는 予熱室内의 溫度가 主室에 比하여 数10度 낮으므로서 溫度가 높은 主室内로 燃料를 빨리 噴出시킬경우 일수록 始動이 良好하다고 되어 있으나[13] 이것들은 어느것이나 主로 噴霧의 飛距離나 그 経路에서의 가스溫度의 増加에 의한 것으로 생각된다.

噴霧나 油滴으로의 傳熱促進에 関連하여 氣流가 燃料의 噴射方向과 対向하고 있을 경우일수록 噴霧에 対한 熱傳達이 良好하게 이루어지므로 始動性은 改善된다.[13]

즉 그림18 및 19는 予燃焼室式디이젤機関에 있어서 노즐의 噴霧角度를 変化시킨 경우의 着火까지의 経過사이클数와 燃料噴射時期와의 関係를 나타낸 것이다. 여기서 噴霧角度가 작을수록 始動性은 改善되어 있다.

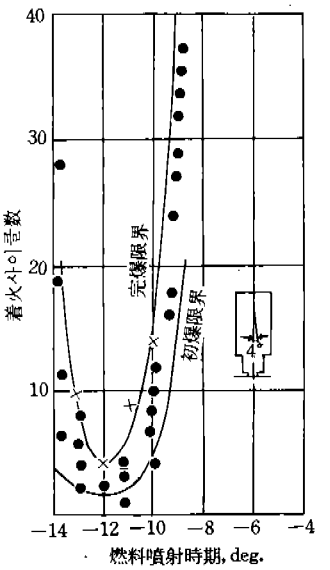


그림18. 噴霧角과 始動性(噴霧角度4° 의 경우)

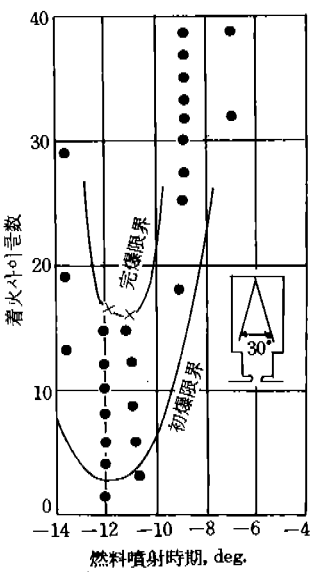


그림19. 噴霧角과 始動性(噴霧角30° 의 경우)

이경우 噴霧角度가 減少함에 따라 主室로부터의 氣流에 対向하는 確率과 主室로 燃料가 素通하는 可能性등이 높아지는 것으로 생각된다.

그리고 直接噴射式이나 副室式의 모양에 관계없이 디이젤機関의 始動에 対해서는 例를 들어서 噴霧特性, 燃燒室形狀 혹은氣流特性등 많은 因子가 関連되나 그들의 因子에 의한 總合的인 燃燒튜우닝에 의하여 始動性은 물론 出力運転時의 排氣나 燃費率, 더구나 予燃燒室式에서의 아이들링 노크등의 改善을 同時에 図謀하여야함은 말할나위도없다.

다음에 燃料의 加熱에 의한 始動性向上도 고려되나 輕油에 의한 直接噴射式機関에서의 実験에 있어서는 燃料加熱의 効果는 거의 認定되지 못하였다. 이것과 거의 같은 結果를 A. E. Austen으로부터도 報告되어 있으나[3] 그것에 의하면 燃料噴霧가 壁面에 衝突할 때 燃料의 保有熱量이 壁面에 吸収되어버리기 때문에 그 効果가 나타나지 않는 것으로 되어 있다.

4. 化學的인 効果를 主로하는 始動性의 向上

4·1 燃料의 세탄価와 세탄価向上劑의 効果

디이젤機関에 있어서 燃料의 세탄価向上에 따른 始動性의 改善에 対하여는 옛부터 알려진 事実이다. 예를들면 그림20은 燃料의 세탄価와 始動에 要하는 時間과의 関係를 나타낸 것이다. 세탄価의 向上에 의한 始動性의 改善은 明白하다.

다시 세탄価가 높은 燃料를 使用할 경우에 있어서는 그림21에서와같이 始動直後에서의 青白煙도 同時에 改善된다. 그러나 過度로 세탄価가 높은 燃料를 使用하는 경우에도 出力運転時의 騒音은 改善되나 燃費率이나 排氣吐煙이 大幅的으로 悪化하는 傾向이 생긴다.

한편으로는 燃料에 세탄価 向上劑를 添加하므로서도 始動性의 改善은 可能하다. 세탄価의 向上劑로서는 一般的으로 나이트리드(nitride)系, 過酸化物(peroxide)系 혹은 에텔등의 各種化合物이 있으나 어느것이나 高価인 것이 많으므로 出力運転時에서의 使用은 困難하다.

이점에 関連해서 日本의 小早川[15]은 始動의 경우에 限하여 噴射펌프內에 세탄価向上劑를 導入하는등의 흥미깊은 方法을 提唱하고있다.

또한 예를들어서 아밀나이트리드(amylnitride) 등을 添加한 경우에는 一般的으로 그것이 分解하여 過酸化物이나 혹은 OH 基등이 生成되므로 着火가 促進된다고 하나 例外的으로 壓縮温度가 比較的 낮을 경우에 있어서는 그와같은 分解가 進行되지 못하는 경우도 있으며[4] 또 分解經油에 対해서 向上劑를 添加하는 경우에는 세탄価向上劑의 効果가 보이지 않는 것으로 報告된것도 있다.[15]

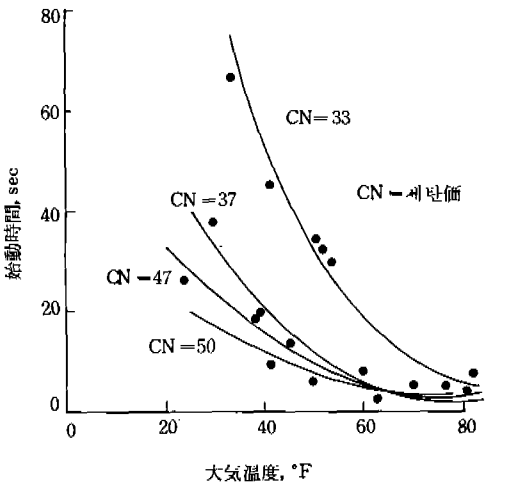


그림20. 燃料의 세탄価와 始動에 要하는 時間[14]

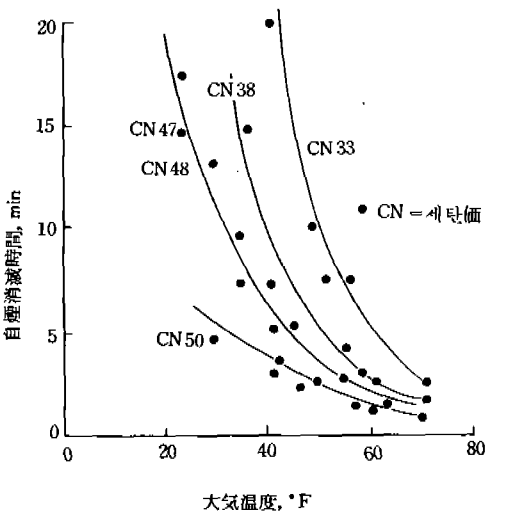


그림21. 燃料의 세탄価와 白煙의 消滅時間[14]

4·2 補助燃料吸入 및 噴射의 效果

吸入管으로부터 補助燃料를 吸入시키므로써 始動性을 確保하는것은 옛부터 하고있는 하나의 手法이다. 예를들면 디이젤등은 잘알려져 있으며 그 吸入量에 関해서는 噴射燃料의 40~50%程度의 吸入으로써 始動性은 最良이된다.[16] 深澤[17]에 의하면 補助燃料의 吸入에 의한 始動性의 向上은 主로 吸入燃料의 前炎反應의 生成物質에 의하여 主燃料의 着火가 促進되기 때문인 것으로하고 있다. 즉 始動性의 向上을 위해서는 前炎反應이 일어나기쉬운 燃料를 吸入시키는 것이 效果的이며 예를 들어서 옥탄価가 높은 燃料보다는 옥탄価가 낮은 燃料를 吸入시키는 경우가 始動性改善의 效果가 크다.

또한 燃料를 吸入시킬경우에는 前炎反應에 의함과 同時에 그것에 따른 약간의 壓力上昇과 피스톤의 摩擦損失의 低下등에 의한 回転速度의 增加에 따른 始動性改善의 效果도 期待된다.

한편, 出力運転時에 있어서 燃料吸入을 하였을경우에는 特히 空氣利用率이 낮은 機関에서는 最大出力이나 吐煙의 改善이 顯著하나 一般的으로는 炭化水素 및 CO의 排出量이 增加한다. 또 이경우 NO_x排出量은 거의 変化하지 않는다.

즉 그림22는 補助燃料로서 輕油를 使用한 경우의 燃料吸入比率과 NO 및 NO_2와의 사이의 関係를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 補助燃料의 吸入比率增加에 따라서 NO는 減少하나 NO_2는 逆으로 增加하므로 NO_x로서는 거의 変化하지 않는것이 明白하다. 또 主燃料에 앞서서 補助燃料를 噴射하는 것에 의해서도 始動性의 改善이 可能하다.

이 경우 補助燃料의 手法으로서는 파일럿噴射等이 있다. 그림23은 補助燃料比率이 完爆까지의 經過사이클数에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 그림에서 明白한바와 같이 補助噴射量이 增加됨에 따라서 始動性이 改善되어 있으며 그 理由의 하나로서 補助燃料吸入의 경우와 같이 補助噴射燃料의 前炎反應에 의한 主燃料의 着火促進이 고려된다. 즉 그림24에서와 같이 補助燃料量이 많을수록 또한 세탄価가 높은 燃料일수록 過酸化物(peroxide)이 많이 發生하고 있다. 다만 이경우의 過酸化物濃度는 主燃料의 噴射直前에 있어서 실린더內에서의 測定値이다.

한편 出力運転時에 있어서 補助噴射의 效果에 関해서는 機関의 種類 혹은 燃焼室의 形狀 등에 따라서 달라진다 하여도 適量의 補助噴射를 하므로서 燃焼騷音, 最大出力, 燃費率 및 吐煙등을 同時에 改善시키는 경우가 많다.[18] 이경우 補助噴射

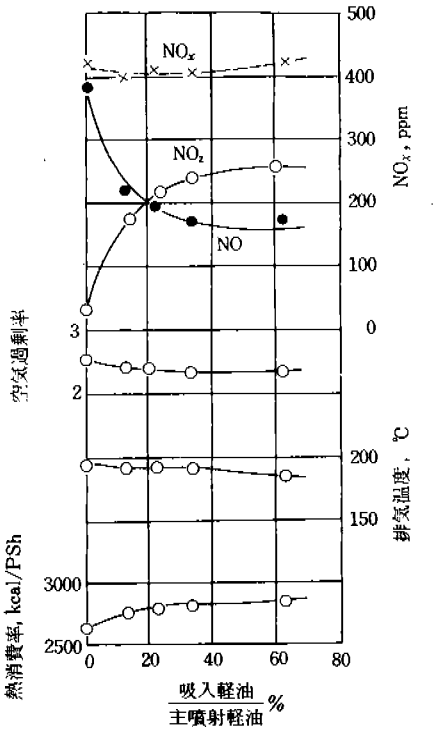


그림22. 軽油의 吸入比率과 NO 및 NO_2 排出量과의 関係

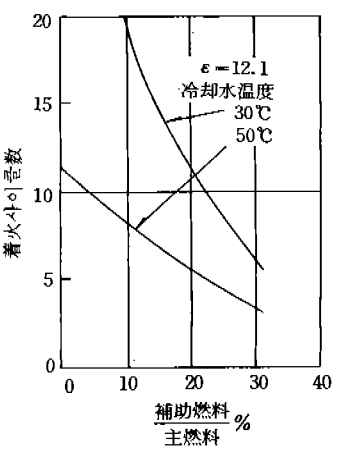


그림23. 補助噴射量과 始動性과의 関係(主 및 補助燃料 共히 軽油)

時期로서는 파일럿噴射에 相當하는 時期가 燃費率의 觀点에서 볼때에 바람직한 것으로 생각된다.

다음에 補助噴射의 일종으로 생각되는 핀토우노즐을 使用한 경우에 있어서도 그림25에서와 같이 始動性의 改善이 可能하다. 이것은 直接噴射式디이젤機関에 있어서 핀토우노즐(Pintaux nozzle)을 使用한 結果이다.

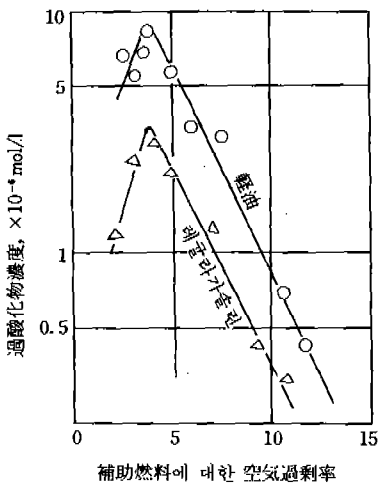


그림24. 補助噴射量과 主噴射直前에 있어서 過酸化物濃度와의 関係

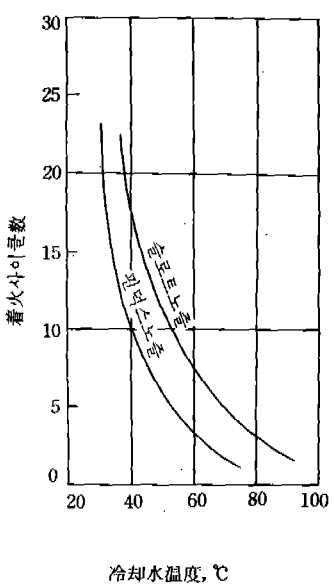


그림25. 핀덕스노즐에 의한 始動性의 改善

이경우 노즐의 副噴射를 피스톤內의 燃焼室內에存在하는 氣流方向에 対하여 変化시킨 結果, 副噴射의 方向이 始動性에 미치는 영향이 比較的 작은것과, 또 副噴射의 方向에 관계없이 핀토우 노즐은 始動性의 向上에 対하여 効果的인 것등이 明白하다.

또한 渦流室式機関에 있어서는 副噴射를 氣流의 上流로 향하도록하는 경우에 良好한 始動性이 얻어진다고 되어 있으나[13] 直接噴射式機関에 있어서는 氣流의 方向이 比較的 不明確하고 더구나 渦流室등에 比하여 그 強度가 약하므로 副噴射 方向이 始動性에 미치는 영향이 작아진 것이라고 설명할수 있다. 또한 前炎反應의 空間的 혹은 量的인 規模는 燃料의 吸入이나 補助噴射에 의한 것 외에 始動時 실린더內에 蓄積된 燃料에 따라서도 加算的으로 增加되는 것이라고 생각된다.

4·3 酸素濃度의 영향

말할것도없이 着火는 燃料와 酸素와의 사이의 反應現像인 것으로부터 吸入空氣중의 酸素濃度를 增加시킴에 따라서도 着火를 促進시킬 수 있다.

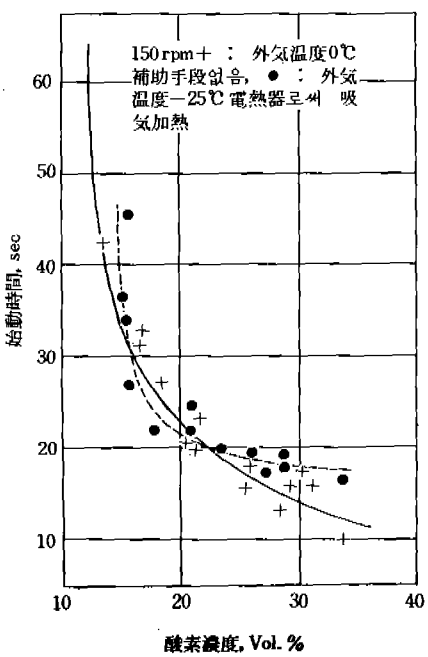


그림26. 吸気中의 酸素濃度와 始動性[19]

그림26은 吸氣중의 酸素濃度와 始動時間과의 関係를 나타낸 것이다. 그림중에서 十印은 外氣温度 0℃에서 補助手段을 使用하지않은 경우를, 또 ● 印은 外氣温度 −25℃에서 吸氣管内에 設置한 電氣히이터로 吸氣를 加熱한 경우의 始動時間을 각각 表示한 것이다.

즉, 어느경우나 酸素濃度의 增加에 따라서 始動性이 改善됨은 明白한 事実이나, 이경우 補助手段을 使用하지않는 狀態에 있어서는 外氣温度의 低下에 따라서 酸素濃度의 增加가 始動性向上에 미치는 効果는 減少한다.[19] 또한 이手法은 始動性向上에 対한 하나의 方法이다. 一般的인 디이젠機関에 있어서는 実用的이 못됨은 말할것도 없다.

5. 맺는말

以上 始動時에 있어서 着火의 促進에 対하여 直接的으로 関連되는 몇個의 因子 및 具体的인 手法이 機関의 始動性이나 혹은 始動後의 過渡運転性能에 미치는 영향에 関하여 説明하였으나 이밖에도 対象으로 하는 機関에 따라서 여러가지 方策이 생각되며 그것들을 單獨 혹은 組合하는데 따라서 이 始動性向上을 図謀할 수 있을 것으로 생각된다. 또 実際의 機関에 있어서는 始動特性을 爲始하여 始動後의 排出가스 特性이나, 혹은 出力運転時에서의 諸性能値등의 어느 하나도 犠牲할 수는 없으므로 始動問題를 單獨으로 생각할 問題가 아님은 말할 것도 없다.

引 用 文 献

1) 宮本ほか2名；機論集, 41-344(昭50-4)
2) 大鹿；自技会「ディーゼル機関の着火・始動性に関するシンポジュウム」資料(昭 53-12)
2) A. E. W. Austen & W. T. Lyn; PIME(A. D.), No. 5 (1959-1960)
4) 深沢；機論集, 27-180(昭 36-8)
5) H. R. Ricardo; Der schnellaufeude Verbrennungsmotor, Springer (1954)
6) H. Yanagihara; MTZ, 36 (1975)
7) 宮本ほか1名；機講論集, 782-2 (1978-10)
8) 村山ほか4名；機論集, 37-299(昭 49-7)
9) 村山ほか3名；内燃機関, 13-156 (1974-10)
10) 深沢ほか2名；日本機械学会道支部11回講演会前刷集(1966-9)
11) 宮本ほか2名；機講論集, 720-14(1972-8)
12) 長尾ほか3名；機論集, 35-275(昭 44-7)
13) 長尾；内燃機関講義, 上巻(3次改著), 養賢堂
14) L. C. Broering & L. W. Holtman; SAE Paper 740692(1974)
15) 小早川；内燃機関, 18-230(1979-11)
16) G. H. Cloud & L. M. Ferenczi; SAE Journal 52-6(1966)
17) 深沢；機論集, 27-180(昭 36-8)
18) 宮本ほか2名；機論集, 39-320(昭 48-4)
19) M. Brunner & H. Ruf; PIME (A. D.), No. 5 (1959-60)