

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2026.34.3.169>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

신품, 재생, 오버홀 엔진의 항공기 운영 안전성 비교분석

김선구*, 박성식**

A Comparative Safety Analysis of New, Rebuilt, and Overhauled Aircraft Reciprocating Engines

Seonku Kim*, Sungsik Park**

ABSTRACT

This study examines the safety-related characteristics of new, rebuilt, and overhauled aircraft reciprocating engines through a qualitative literature review. FAA regulations, advisory circulars, manufacturer documents, and relevant previous studies were reviewed. Safety, reliability, and service life were treated as distinct concepts, and the literature was analyzed using regulatory definitions, maintenance factors, and accident-related evidence. The reviewed studies did not provide engine-type-specific accident or failure rates sufficient for a direct empirical safety ranking. Operational safety was associated mainly with TBO management, maintenance standards, workmanship, installation quality, operating practices, condition monitoring, and continuing airworthiness management. Rebuilt engines may be approved to the same tolerances and limits as new engines under applicable FAA provisions, whereas overhauled engines may differ depending on the applied limits and overhaul scope and quality. These differences may affect service-life estimation but do not directly demonstrate differences in accident probability. Therefore, each engine type should be evaluated based on its maintenance and operating conditions rather than an intrinsic safety hierarchy.

Key Words : Airworthiness(감항성), New Engine(신품엔진), Overhauled Engine(오버홀엔진), Rebuilt Engine(재생엔진), Reciprocating Engine(왕복엔진), Reliability(신뢰성)

1. 서 론

항공기 왕복엔진은 비행안전에 직접적인 영향을 미치는 핵심 장비이므로, 엔진의 제작 상태와 정비 이력에 대한 신뢰는 운항자와 정비사 모두에게 중요한 문제이다. 실무 현장에서는 일반적으로 신품 엔진이 가장

안전하고, 재생엔진(rebuilt engine)은 그 다음, 오버홀 엔진(overhauled engine)은 상대적으로 불안하다는 인식이 널리 퍼져 있다. 그러나 미연방항공청(Federal Aviation Administration, FAA) Advisory circular(AC) 43-11은 rebuilt engine을 사용된 엔진으로 보면서도 신품 엔진과 동일한 허용공차와 한계값으로 승인되는 엔진으로 설명하고 있으며, 14 CFR § 91.421은 제조사 또는 제조사 승인기관이 rebuilt engine에 대해 새로운 정비기록을 사용할 수 있도록 규정하고 있다(Federal Aviation Administration, 2007; Federal Aviation Administration, 2026).

FAA AC 20-105C는 왕복엔진의 신뢰성이 적절한

Received: 12. Aug. 2026, Revised: 31. Aug. 2026,
Accepted: 1. Sep. 2026

* 국립한국교통대학교 글로벌융합대학원 석사과정

** 국립한국교통대학교 항공운항학과 교수

연락처자 E-mail : sunsikpark@hotmail.com

연락처자 주소 : 충북 충주시 대학로 50

TBO 준수와 정상 운용범위 유지에 달려 있으며, TBO 시점의 Overhaul이 안전성과 신뢰성 확보에 도움을 준다고 설명한다(Federal Aviation Administration, 2023).

본 연구에서는 안전성(safety), 신뢰성(reliability), 수명(service life)을 분석 목적에 따라 구분하였다. 세 엔진 유형의 차이는 사고확률의 직접적 서열이 아니라 규정상 승인기준, 정비·설치 품질, 지속감항성 관리 및 수명 관련 정보의 특성을 중심으로 비교하였다. 특히 사고 관련 선행연구가 엔진 유형별 사고율 또는 고장률을 직접 비교한 자료인지 여부를 확인하여 각 문헌이 제공하는 근거의 범위 내에서 분석결과를 도출하였다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다. 첫째, new engine, rebuilt engine, overhauled engine은 관련 주요 해외 규정과 제조사 기준에서 어떻게 구분되는가? 둘째, 안전성, 신뢰성, 수명은 개념적으로 어떻게 구분되며 각 개념과 관련된 주요 관리요인은 무엇인가? 셋째, 유지정비 및 설치 오류 관련 사고 선행연구는 세 엔진 유형의 직접적인 안전성 우열을 어느 범위까지 설명할 수 있는가? 넷째, 주요 해외 규정, 제조사 기술문서, 유지정비 사고연구, 엔진 내구성 및 상태감시 관련 선행연구를 종합하여 세 엔진 유형의 운영 안전성에 대해 어떠한 결론을 내릴 수 있으며 어떠한 결론은 유보해야 하는가를 비교·분석하고자 하였다(Goldman et al., 2002; Piancastelli et al., 2012a, 2012b; Boyd and Stolzer, 2015; Piancastelli, 2018; Insley and Turkoglu, 2020).

II. 본 론

2.1 연구방법 및 분석절차

2.1.1 연구설계

본 연구는 new engine, rebuilt engine, overhauled engine의 규정상 특성과 운영 안전성 관련 요인을 비교하기 위한 정성적 문헌분석(qualitative literature analysis)으로 수행하였다. 분석대상은 개별 엔진의 실험자료나 엔진 유형별 사고율을 산출하기 위한 통계자료가 아니라 FAA 및 ICAO의 규정과 기술문서, Lycoming과 Continental의 제조사 기술자료, 그리고 항공기 유지정비 사고, 엔진 신뢰성, 수명 및 상태감시와 관련된 선행연구로 구성하였다.

본 연구에서는 안전성(safety), 신뢰성(reliability), 수명(service life)을 서로 관련되어 있으나 구분되는 분석개념으로 설정하였다. 안전성은 ICAO Annex 19와 Doc 9859의 항공안전 개념을 바탕으로 위험의 통제 측면에서 검토하였고(International Civil Aviation Organization, 2016; 2018), 신뢰성은 정해진 조건에서 요구 기능을 고장 없이 수행하는 특성을 중심으로 분석하였다(Federal Aviation Administration, 2015). 수명은 FAA 및 제조사 기술자료에 제시된 TBO, 마모한계, 부식·열화, 부품상태 및 정비조건을 중심으로 검토하였다.

2.1.2 문헌 선정기준

분석대상 문헌은 연구목적과의 관련성, 자료의 공식성 및 분석근거의 명확성을 기준으로 선정하였다. 첫째, new engine, rebuilt engine, overhauled engine의 정의와 승인기준, overhaul 기준, TBO, 정비기록, 감항성, 정비·설치 오류, 엔진 신뢰성, 수명 또는 상태감시와 직접적인 관련성이 있는 자료를 선정하였다. 둘째, FAA와 ICAO의 공식 문서, 항공기 엔진 제작사의 기술자료, FAA 기술보고서 및 학술논문과 같이 자료의 출처와 판단근거를 확인할 수 있는 문헌을 대상으로 하였다. 셋째, 엔진의 승인·정비·운용 또는 사고와 관련하여 구체적인 기준이나 연구결과를 제시한 자료를 포함하였다. 반면 연구주제와 직접적인 관련성이 낮거나 출처 및 판단근거를 확인하기 어려운 자료와 단순한 의견 또는 광고성 자료는 분석대상에서 제외하였다.

2.1.3 분석항목의 설정

문헌분석을 위해 분석항목을 크게 네 영역으로 구분하였다. 첫 번째 영역은 엔진 유형별 개념과 규정상 특성으로, new engine, rebuilt engine, overhauled engine의 정의, 적용되는 허용공차와 한계값, 정비기록 및 시간개념(TSN, TSMO, zero-time)을 분석하였다.

두 번째 영역은 엔진의 신뢰성 및 수명과 관련된 요인으로, TBO 관리, 부식 및 노화관리, 정상 운용범위 준수, 승인부품 사용, 정비 작업품질, 장착·설치 품질 및 상태감시를 검토하였다.

세 번째 영역은 운영 안전성과 관련된 사고자료로, 유지정비 및 설치 오류가 항공기 사고 또는 중대사건의

원인이나 기여요인으로 제시되었는지를 분석하였다.

네 번째 영역은 각 문헌이 new engine, rebuilt engine, overhauled engine의 사고율이나 고장률을 직접 비교한 자료인지 여부를 검토하였다. 이를 통해 정비 및 설치 오류에 관한 사고연구의 결과를 엔진 유형별 안전성의 직접적인 우열로 확대하여 해석하지 않도록 분석 범위를 설정하였다.

2.1.4 자료분석 절차

자료분석은 네 단계로 수행하였다. 첫째, FAA 규정 및 제작사 기술자료를 검토하여 new engine, rebuilt engine, overhauled engine의 정의와 승인기준, 정비기록 및 시간개념의 차이를 분류하였다.

둘째, FAA 기술문서와 제작사 자료 및 선행연구에서 TBO, 부식, 운용조건, 승인부품, 정비 작업품질, 설치품질 및 상태감시와 관련된 내용을 추출하였다.

셋째, 추출된 내용을 안전성, 신뢰성 및 수명의 분석 개념에 따라 구분하여 각 요인이 어떠한 개념과 관련되는지를 비교하였다. 이 과정에서는 서로 다른 문헌의 결과를 임의의 점수나 영향도 등급으로 환산하지 않고, 각 문헌에서 직접 확인되는 내용과 근거를 중심으로 분석하였다.

넷째, 유지정비 관련 사고 선행연구의 분석대상과 주요 결과를 비교하고 해당 연구가 엔진 유형별 운항 시간을 고려한 사고율 또는 고장률을 직접 제시하는지를 확인하였다. 엔진 유형별 직접 비교자료가 제시되지 않은 경우에는 해당 문헌을 정비 및 설치 품질의 중요성을 설명하는 근거로 활용하되, 세 엔진 유형의 상대

적인 안전성 서열을 판단하는 근거로 사용하지 않았다.

2.1.5 분석 및 해석 기준

본 연구의 비교분석은 문헌에 명시된 규정, 기술기준 및 연구결과를 근거로 수행하였다. New engine, rebuilt engine, overhauled engine 간 차이는 규정상 승인기준, 적용 한계값, 정비기록, 시간개념 및 정비·운용관리 특성을 중심으로 비교하였다.

안전성, 신뢰성 및 수명은 서로 영향을 미칠 수 있으나 동일한 개념으로 간주하지 않았다. TBO와 잔여수명 정보는 신뢰성과 수명관리에 중요한 자료이지만 그 자체가 사고발생 확률을 의미하지 않는다. 또한 rebuilt engine에 신품 엔진과 동일한 허용공차와 한계값이 적용되거나 overhauled engine에 new limits 또는 serviceable limits가 적용될 수 있다는 규정상 차이 역시 엔진 유형별 사고율의 차이를 직접적으로 나타내는 것으로 해석하지 않았다. 따라서 문헌에서 직접 확인할 수 있는 범위 내에서 엔진 유형별 특성을 비교하고, 직접적인 사고율 또는 고장률 자료가 제시되지 않은 경우에는 특정 엔진 유형의 본질적 안전성 우열을 제시하지 않는 것을 기본원칙으로 설정하였다. 안전성·신뢰성·수명의 문헌상 개념과 분석기준은 Table 1에 제시하였다(Table 1 참조).

2.2 New, Rebuilt, Overhauled 엔진의 개념적 정의

New engine은 모든 주요 구성품이 신품 상태로 조

Table 1. Literature-based concepts and analytical criteria for safety, reliability, and service life

분석개념	본 연구의 개념 정의	주요 근거자료	분석 기준
안전성 (safety)	ICAO Annex 19는 안전성을 항공기 운항과 관련되거나 이를 직접 지원하는 항공활동의 위험이 허용 가능한 수준으로 감소되고 통제된 상태로 정의한다.	ICAO Annex 19; ICAO Doc 9859	엔진 유형별 노출시간을 반영한 사고율 자료가 없는 경우 유형 간 안전성 서열을 직접 도출하지 않는다.
신뢰성 (reliability)	FAA ARAC maintenance reliability program working group은 신뢰성을 특정 조건에서 정해진 기간 동안 고장 없이 요구 기능을 수행할 확률로 정의한다.	Federal Aviation Administration (2015)	TBO, 운용범위, 정비품질 및 상태감시는 신뢰성 관련 근거로 활용하되, 신뢰성을 사고확률 또는 안전성과 동일하게 해석하지 않는다.
수명 (service life)	FAA AC 20-105C와 제작사 TBO 자료는 운용시간, 주요 부품의 마모한계, 부식·열화, 부품 및 작업품질, 정비·운용조건을 엔진 사용기간과 관련된 핵심 요소로 제시한다.	FAA AC 20-105C; Lycoming SI 1009BF; Continental SIL98-9E	수명 또는 잔여수명 정보만으로 사고위험의 상대적 우열을 판단하지 않는다.

립된 엔진으로, TSN(time since new)과 TSMO(time since major overhaul)가 모두 0인 상태의 엔진이다. Lycoming FAQ는 factory new engine을 엔진 및 장착 구성품이 모두 신품인 엔진으로 설명한다. 반면 factory rebuilt engine은 사용 부품이 포함될 수 있으나 적용되는 부품이 new part specifications를 충족하고 zero-time 개념이 적용될 수 있다고 설명한다(Lycoming Engines, n.d.).

FAA AC 43-11에 따르면 new limits가 반드시 새 부품만 사용한다는 의미는 아니며, 사용된 부품도 제조사의 new specifications를 충족하면 해당 기준에 포함될 수 있다(Federal Aviation Administration, 2007). 따라서 rebuilt engine은 단순한 중고 수리품이 아니라 신품 엔진과 동일한 공차와 한계값으로 승인되는 엔진으로 이해할 수 있다.

반면 overhauled engine은 제조사 overhaul data의 fits and limits에 따라 분해·검사·수리·재조립·시험되는 엔진이며, 적용 기준은 new limits 또는 serviceable limits일 수 있다(Federal Aviation Administration, 2007). 따라서 실제 적용 한계값과 작업범위에 따라 상태 및 잔여수명 정보의 편차가 발생할 수 있다. 세 엔진 유형의 규정상 특성은 Table 2에 정리하였다(Table 2 참조).

2.3 엔진의 안전성, 신뢰성 및 수명에 영향을 미치는 요인

Table 1의 개념 구분에 따라 본 연구에서는 안전성을 위험의 통제, 신뢰성을 정해진 조건에서의 기능 수

행, 수명을 TBO·마모·부식·열화 및 정비·운용조건과 관련된 사용가능 기간의 관점에서 구분하여 분석하였다. FAA AC 20-105C는 TBO를 엔진이 설정된 운용 변수 내에서 신뢰성 있게 작동하면서 주요 구성품의 service wear limits를 초과하지 않을 것으로 예상되는 운용시간과 관련하여 설명한다(Federal Aviation Administration, 2023).

FAA AC 20-105C는 제조사 권고 TBO를 초과하여 운용할 경우 전체 마모가 가속될 수 있음을 설명하며, Part 91 운용에서도 TBO 시점의 overhaul이 안전성과 신뢰성 확보에 도움을 준다고 제시한다. Lycoming SI 1009BF는 금속 부식과 비금속 부품의 열화를 고려한 overhaul 주기를 제시하고(Lycoming Engines, 2026), Continental SIL98-9E는 부품, 액세서리 및 작업품질이 엔진 service life에 직접 영향을 주며 TBO는 ICA와 관련 매뉴얼에 맞게 유지·운용된 엔진을 전제로 한다(Continental Motors, 2015).

주요 영향요인과 문헌 근거는 Table 3에 정리하였다(Table 3 참조).

2.4 항공기 사고조사 분석을 통한 엔진의 안전성 비교

Boyd & Stolzer(2015)는 1989년부터 2013년까지 단발 피스톤 항공기 사고를 분석하여 부적절하거나 불충분한 정비가 주요 사고 원인 범주임을 제시하였다. Goldman et al.(2002)은 1988년부터 1997년까지의 NTSB 일반항공 사고 1,503건을 검토하여 설치오류와 동력장치 관련 정비오류의 중요성을 보고하였다.

Table 2. Comparison of engine concepts and regulatory characteristics

구분	개념적 정의	적용 기준	정비기록	시간 개념	주요 특징
New engine	모든 주요 구성품이 신품 상태로 조립	신품 한계값	신규 정비기록	TSN 0/ TSMO 0	초기 사용이력과 정비이력의 해석이 가장 단순함. 이 특성만으로 사고율 우위를 의미하지 않음
Rebuilt engine	사용 엔진을 완전 분해·검사·수리·재조립·시험하여 신품 엔진과 동일한 방식·공차·한계값으로 승인	신품과 동일한 허용공차·한계값	제작사 또는 승인 기관 작업 시 신규 기록 가능	Zero-time 개념 적용 가능	규정상 신품과 유사한 승인 기준을 적용받음. 실제 안전성은 이후 정비·설치·운용 관리의 영향을 받음
Overhauled engine	제작사 오버홀 자료에 따라 분해·검사·수리·재조립·시험	New limits 또는 serviceable limits	기존 전체 사용 시간 기록 유지	TSMO는 초기화되거나 total time은 누적	적용 한계값·재사용 부품·작업범위에 따라 상태 및 잔여수명 해석의 편차가 존재할 수 있음. 직접적 사고율 우열은 판단 불가

Table 3. Major factors related to engine operational safety and literature evidence

영향요인	내용	관련 개념	근거 문헌	근거의 범위
TBO 관리	제작사 권고 오버홀 주기와 실제 운용시간의 관리	신뢰성, 수명, 안전성	FAA AC 20-105C; Lycoming SI 1009BF	TBO 준수는 관리기준이며 엔진 유형별 사고율의 직접 비교자료는 아님
부식·노화 관리	금속 부식 및 비금속 부품 열화 방지	수명, 신뢰성	Lycoming SI 1009BF	달력수명과 열화관리의 중요성을 제시
운용 방식	RPM, 혼합비, CHT, 오일온도·압력 등 정상 범위 운용	신뢰성, 안전성	FAA AC 20-105C	운용조건이 고장예방과 관련됨
승인부품 및 부속품	승인된 부품·액세서리와 관련 구성품의 적정 상태	감항성, 신뢰성	Continental SIL98-9E	부품 적합성과 주변 계통 관리가 service life에 영향을 줌
정비 작업 품질	오버홀·수리·제조립 과정의 작업 정확성	신뢰성, 수명, 안전성	Continental SIL98-9E; Boyd and Stolzer (2015)	정비요류가 사고 관련 위험요인으로 제시됨
장착·설치 품질	엔진 장착 및 재장착 과정의 정확성	안전성	Goldman et al. (2002)	설치요류가 사고자료에서 확인되나 엔진 유형별 비교는 아님
상태감시	마모·운용상태·성능추세의 지속적 감시	신뢰성, 수명, 안전성	Piancastelli et al. (2012a, 2012b); Piancastelli (2018)	잔여수명·잔단 정보는 예방정비 판단을 지원함

Insley & Turkoglu(2020) 역시 정비가 사고 또는 중대사건의 인과·기여요인으로 지속적으로 작용함을 제시하였다. 다만 이들 연구는 new engine, rebuilt engine, overhauled engine을 구분하여 각 집단의 운항시간 대비 사고율 또는 고장률을 직접 비교한 연구가 아니다. 따라서 이들 자료는 정비 및 설치 품질이 운영 안전성의 중요한 위험요인임을 보여주는 근거로 활용할 수 있으나, 세 엔진 유형의 안전성 서열을 직접 도출하는 근거로는 사용할 수 없다. 사고문헌의 분석대상과 엔진 유형별 직접비교 여부는 Table 4에 제시하였다(Table 4 참조).

2.5 엔진 유형별 운영 안전성 관련 특성의 종합 분석

FAA 규정과 제작사 기술문서를 종합하면 new engine은 초기 사용이력과 수명정보의 해석이 단순하고, rebuilt engine은 FAA 기준상 신품 엔진과 동일한 방식 및 허용공차·한계값으로 승인될 수 있다. Overhauled engine은 적법하게 감항성 있는 상태로 복원될 수 있으나 적용되는 new limits 또는 serviceable limits, 재사용 부품 및 작업범위에 따라 상태와 잔여수명 정보의 편차가 발생할 수 있다.

그러나 검토된 문헌에는 엔진 유형별 운항시간, 고

Table 4. Major findings of maintenance-related accident studies

선행연구	분석대상	주요 결과	엔진 유형별 사고율 직접비교
Boyd and Stolzer (2015)	1989-2013년 단발 피스톤 항공기 사고	부적절·불충분 정비가 주요 사고 원인 범주	아니오
Goldman et al. (2002)	1988-1997년 NTSB 일반 항공 사고 1,503건	설치요류 및 동력장치 관련 정비요류 확인	아니오
Insley & Turkoglu (2020)	2003-2017년 정비 관련 사고 및 중대사건	정비가 사고의 인과 또는 기여요인으로 지속 작용	아니오

Table 5. Literature-based comparison and analytical criteria by engine type

비교차원	New engine	Rebuilt engine	Overhauled engine	안전성 관련 분석
규정상 승인기준	신품 구성품·신품 한계값	신품과 동일한 방식·공차·한계값으로 승인	New limits 또는 serviceable limits 적용 가능	규정·작업기준의 차이를 보여주지만 사고확률 자체를 나타내지 않음
정비기록·시간정보	TSN/TSMO 0, 신규 기록	요건 충족 시 신규 기록 zero-time 가능	TSMO 초기화, total time 누적	이력 해석의 차이는 상태평가에 중요하나 안전성 서열의 직접근거는 아님
수명·상태 해석	초기 사용이력 없음	신품 기준으로 복원되나 이후 운용·정비에 좌우	적용 limits와 재사용 부품·작업범위에 따라 편차 가능	수명예측성은 안전성과 구분하여 해석
정비·설치 품질의 영향	영향받음	영향받음	영향받음	모든 유형에 공통적으로 중요한 안전·신뢰성 요인
엔진 유형별 직접 사고율 근거	확인되지 않음	확인되지 않음	확인되지 않음	본 연구자료로 직접적인 안전성 우열 판단 불가

장건수 및 사고건수를 동일한 기준으로 비교한 실증자료가 없으므로 이러한 규정상·정비상 차이를 사고확률의 차이로 직접 해석할 수 없다. 따라서 운영 안전성은 엔진 유형 자체보다 적용된 정비기준, 작업 및 설치 품질, TBO 관리, 승인부품 사용, 운용범위 준수, 상태감시 및 지속감향성 관리 수준을 종합적으로 평가해야 한다. 종합 비교 결과는 Table 5에 제시하였다(Table 5 참조).

III. 결 론

본 연구는 new engine, rebuilt engine, overhauled engine을 대상으로 FAA 및 ICAO 문서, 제작사 기술자료, 유지정비 사고연구, 엔진 내구성 및 상태감시 관련 선행연구를 이용한 정성적 문헌분석을 수행하였다. 안전성, 신뢰성 및 수명을 구분하여 분석한 결과, 세 엔진 유형은 규정상 승인기준, 정비기록 및 수명·상태 정보에서 차이가 있으나 이러한 차이가 곧바로 사고확률의 차이를 의미하지는 않는 것으로 나타났다.

Rebuilt engine은 관련 FAA 규정에 따라 신품 엔진과 동일한 방식 및 허용공차·한계값으로 승인될 수 있으며, overhauled engine은 적용되는 new limits 또는 serviceable limits와 오버홀 범위·품질에 따라 상태 및 수명정보의 편차가 발생할 수 있다. 한편 사고 관련 선행연구는 정비오류와 설치오류가 실제 사고의 주요 인과·기여요인이 될 수 있음을 보여주지만, 엔진

유형별 운항시간을 분모로 한 사고율이나 고장률을 직접 비교하지는 않았다.

따라서 본 연구의 핵심 결과는 특정 엔진 유형의 본질적인 안전성 서열을 제시하는 것이 아니라, 실제 운영 안전성을 평가할 때 적용 정비기준, 작업·설치 품질, TBO 관리, 승인부품 사용, 운용범위 준수, 상태감시 및 지속감향성 관리 수준을 종합적으로 고려해야 한다는 점이다.

본 연구는 문헌기반 정성연구이므로 엔진 유형별 실제 운항시간, 고장건수 및 사고건수를 이용한 통계적 위험도 비교를 수행하지 못하였고, 주요 자료가 미국 FAA 규정과 일반항공 및 특정 제작사 자료에 집중되어 있다는 한계가 있다. 향후 연구에서는 엔진 유형별 총 운항시간, 고장 및 출력상실 건수, 사고·중대사건, TBO 도달 여부, 엔진 연령, 오버홀 수행기관, 적용 한계값, 설치 후 결함 및 상태감시 결과를 동일한 기준으로 수집하여 유형별 고장률과 사고율을 실증적으로 비교할 필요가 있다.

(참고 #1) FAA AC No: 43-11 change1

c. Overhaul. In the general aviation industry, the term Engine overhaul has two identifications that make a distinction between the degrees of work on an Engine:

(1) Major Overhaul. A major overhaul consists of the complete disassembly of an

Engine. The overhaul facility inspects the Engine, repairs it as necessary, re-assembles, tests, and approves it for return to service within the fits and limits specified by the manufacturer's overhaul data. This could be to New fits and limits or serviceable limits. The Engine owner should clearly understand what fits and limits should be used when the Engine is presented for overhaul. The owner should also be aware of any replaced parts, regardless of condition, as a result of a manufacturer's overhaul data, SB, or an Airworthiness Directive (AD).

- (2) Top Overhaul. Top overhaul consists of repair to parts outside of the crankcase, and can be accomplished without completely disassembling the entire Engine. It can include the removal of cylinders, inspection and repair to cylinders, inspection and repair to cylinder walls, pistons, valve-operation mechanisms, valve guides, valve seats, and the replacement of piston and piston rings. All manufacturers do not recommend a top overhaul. Some manufacturers indicate that a powerplant requiring work to this extent should receive a complete overhaul.

d. Rebuilt.

- (1) A rebuilt Engine as defined in § 91.421, "is a used Engine that has been completely disassembled, inspected, repaired as necessary, reassembled, tested, and approved in the same manner and to the same tolerances and limits as a New Engine with either New or used parts. However, all parts used must conform to the production drawing tolerances and limits for New parts or be of approved oversized or undersized dimensions for a

New Engine."

- (2) The definition of the term "rebuilt" in § 91.421 allows the owner or operator to use a New maintenance record without previous operating history for an aircraft Engine rebuilt by the manufacturer or an agency approved by the manufacturer.

(참고 #2) Federal Aviation Administration. (2026). Title 14 Code of Federal Regulations § 91.421

- (a) The owner or operator may use a New maintenance record, without previous operating history, for an aircraft Engine rebuilt by the manufacturer or by an agency approved by the manufacturer.
- (b) Each manufacturer or agency that grants zero time to an Engine rebuilt by it shall enter in the New record—

(1) A signed statement of the date the Engine was rebuilt;

(2) Each change made as required by airworthiness directives; and

(3) Each change made in compliance with manufacturer's service bulletins, if the entry is specifically requested in that bulletin.

- (c) For the purposes of this section, a rebuilt Engine is a used Engine that has been completely disassembled, inspected, repaired as necessary, reassembled, tested, and approved in the same manner and to the same tolerances and limits as a New Engine with either New or used parts. However, all parts used in it must conform to the production drawing tolerances and limits for New parts or be of approved oversized or undersized dimensions for a New Engine.

(참고 #3) FAA AC No: 20-105C

6.6 Exceeding Time Between Overhauls (TBO) Time. Another cause of Engine

failure is allowing the Engine to run past the manufacturer's recommended TBO. TBO time is determined by the Engine manufacturer and is a reliable estimate of the number of hours the Engine should perform reliably within the established Engine parameters and still not exceed the service wear limits for overhaul for major component parts, such as the crankshaft, cam shaft, cylinders, connecting rods, and pistons.

6.6.1 Running the Engine past TBO time usually accelerates the overall wear of the Engine due to larger bearing clearances; loss of protective materials such as plating or nitrating on the cylinder walls; and vibration caused by Engine reciprocating parts that have worn unevenly and are now out of balance.

6.6.2 TBO times are make and model specific, and the recommended overhaul times are usually identified in an Engine manufacturer's Service Bulletin (SB) or Service Letter (SL)

For Title 14 of the Code of Federal Regulations (14 CFR) part 91 operations, TBO compliance is not a mandatory maintenance requirement, although overhaul at TBO will help Safety and Reliability. However, for Engines operated under 14 CFR part 121 or 135 regulatory requirements, TBO compliance is mandatory. The FAA recommends TBO be observed by part 91 owners or operators for the following reasons:

- An overhaul at TBO will help ensure Safety and Reliability, and

- An Engine overhaul at TBO is usually less expensive than an Engine that has been run an additional 200 or 300 hours.

(참고 #4) Lycoming Service Instruction No. 1009BE

All Engine models are to be Overhauled within twelve (12) calendar years of the date they first entered service or of last overhaul. This calendar year time period TBO is to mitigate Engine deterioration that occurs with age, including corrosion of metallic components and degradation of non-metallic components such as gaskets, seals, flexible hoses and fuel pump diaphragms.

(참고 #5)

CONTINENTAL MOTORS® SIL98-9E

4. The quality of parts, accessories and workmanship utilized during routine maintenance, Engine top overhaul and major overhaul has a direct effect on the Service Life of the Engine. Also, the maintenance and condition of Engine-related components - including, but not limited to, propeller, propeller governor, vacuum pump, gear driven alternator, mount, baffles, instrumentation, and controls has a direct effect on Engine durability. The TBO periods listed are predicated on the Engine having been maintained according to the Instructions for Continued Airworthiness, (ICA) accepted by the FAA, specified in the Engine Maintenance Manual, Overhaul Manual, and Service Documents, and operated within the limitations published in the Engine operating instructions or the aircraft manufacturer's Aircraft Flight Manual / Pilot's Operating Handbook (AFM /POH).

TABLE 1. Engine Time Between Overhaul (TBO)

1. If an Engine consistently accumulates 40 or more hours per month since being placed in service, add 200 hours to recommended TBO.
2. Engines with Serial Number 1006000 or higher include an additional 200 hours to TBO (as noted in Table 1, column 3).

References

1. Boyd, D., and Stolzer, A., "Causes and trends in maintenance-related accidents in FAA-certified single engine piston aircraft", *Journal of Aviation Technology and Engineering*, 5(1), 2015, pp.17-24.
2. Continental Motors, "Service Information Letter SIL98-9E: Time Between Overhaul (TBO) Periods", Continental Motors, Mobile, AL, 2015.
3. Federal Aviation Administration, "Reciprocating Engine Overhaul Terminology and Standards, AC 43-11 CHG 1", Federal Aviation Administration, Washington, DC, 2007.
4. Federal Aviation Administration, "Maintenance Reliability Programs Working Group: Recommendation Report", Federal Aviation Administration, Washington, DC, 2015.
5. Federal Aviation Administration, "Reciprocating Engine Power-Loss Accident Prevention and Trend Monitoring, AC 20-105C", Federal Aviation Administration, Washington, DC, 2023.
6. Federal Aviation Administration, "Title 14 Code of Federal Regulations § 91.421: Rebuilt Engine Maintenance Records", Federal Aviation Administration, Washington, DC, 2026.
7. Goldman, S. M., Fiedler, E. R., and King, R. E., "General aviation maintenance-related accidents: A review of ten years of NTSB data", DOT/FAA/AM-02/23, Federal Aviation Administration, Washington, DC, 2002.
8. International Civil Aviation Organization, "Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation: Safety Management", 2nd ed., ICAO, Montreal, 2016.
9. International Civil Aviation Organization, "Safety Management Manual (SMM), Doc 9859", 4th ed., ICAO, Montreal, 2018.
10. Insley, J., and Turkoglu, C., "A contemporary analysis of aircraft maintenance-related accidents and serious incidents", *Aerospace*, 7(6), 2020, Article 81.
11. Lycoming Engines, "What's the difference between a factory new, rebuilt, and overhauled engine?", Lycoming Engines, n.d., Available from: <https://www.lycoming.com/contact/faqs>
12. Lycoming Engines, "Service Instruction No. 1009BF: Time Between Overhaul (TBO) Schedules", Lycoming Engines, Williamsport, PA, 2026.
13. Piancastelli, L., Frizziero, L., Marcoppido, S., and Pezzuti, E., "Methodology to evaluate aircraft piston engine durability", *International Journal of Heat and Technology*, 30(1), 2012, pp.89-92.
14. Piancastelli, L., Frizziero, L., Morganti, E., and Pezzuti, E., "Method for evaluating the durability of aircraft piston engines", *Walailak Journal of Science and Technology*, 9(4), 2012, pp.425-431.
15. Piancastelli, L., "Powerplant reliability issues and wear monitoring in aircraft piston engines. Part II: Engine diagnostic", *Drones*, 2(1), 2018, Article 10.