

## Abstract [Italiano]

La refrigerazione magnetica è una nuova tecnologia innovativa, promettente ed ecologica che punta a sostituire la convenzionale tecnica di refrigerazione a compressione di vapore, attraverso l'impiego di materiali refrigeranti solidi, al posto di quelli fluidi, propri della refrigerazione a compressione di vapore. Questa tecnologia emergente basa il suo funzionamento sull'effetto magnetocalorico (MCE), che è un fenomeno fisico, relativo ai materiali allo stato solido con proprietà magnetiche. Il campo magnetico provoca una variazione di entropia dovuta all'ordinamento magnetico. Il massimo MCE si verifica in prossimità della temperatura di ordinamento magnetico, che è riconosciuta come temperatura di Curie dei materiali ferromagnetici. Per materiali che hanno un ordinamento magnetico semplice (esempio: trasformazione di fase da paramagnetica a ferromagnetica), un rapido incremento del campo magnetico provoca un aumento della temperatura nel materiale; allo stesso modo, una rapida riduzione del campo magnetico provoca un raffreddamento. Questa variazione di temperatura è denominata salto adiabatico di temperatura che è funzione dell'intensità di campo magnetico e della temperatura iniziale. Per raggiungere una variazione di temperatura utile, è necessario l'impiego di un ciclo termodinamico rigenerativo. Nel 1982 è stato mostrato l'impiego di rigeneratori termici alternativi accoppiati ad un ciclo magnetocalorico: fu introdotto così il ciclo Active Magnetic Regenerative refrigeration cycle, meglio conosciuto come ciclo AMR. L'idea innovativa portava ad un ciclo magnetico diverso dai precedenti (Carnot, Ericsson, Brayton o Stirling). Esso considera un ciclo magnetico di Brayton ma la maggiore innovazione consta nell'introdurre il concetto di rigeneratore AMR, ovvero l'impiego del materiale magnetico stesso sia come refrigerante che come rigeneratore. Un fluido secondario è usato per trasferire il calore dal lato freddo al lato caldo del rigeneratore. Sostanzialmente ogni sezione del rigeneratore sperimenta il proprio ciclo AMR, in accordo alla propria temperatura di lavoro. Attraverso l'AMR è possibile apprezzare un ampio salto di temperatura ai capi del rigeneratore.

Il rigeneratore AMR è il cuore di un sistema di refrigerazione magnetica. Le prestazioni di un sistema AMR dipendono fortemente dall'effetto magnetocalorico del materiale magnetico usato per costruire il rigeneratore, dalla geometria del rigeneratore e dal fluido secondario.

La presente tesi si propone di esplorare, riportare e spiegare tutti gli aspetti della ricerca che hanno caratterizzato il periodo di dottorato. Il contributo personale nel campo di ricerca della refrigerazione magnetica combina ricerche sia numeriche che sperimentali che sono state condotte di pari passo. Presso il Laboratorio di Tecnica del Freddo (LTF) dell'Università di Salerno, è stato progettato e sviluppato il primo prototipo di Rigeneratore Magnetico Rotante a Magneti Permanenti (RPMMR), il cui nome è 8Mag e presenta un gruppo magnetico rotante mentre il materiale magnetocalorico (MCM) è stazionario. Il gadolinio è stato selezionato come refrigerante magnetico mentre acqua distillata è stata impiegata come fluido termovettore.

Nella presente tesi sono presentati i test sperimentali condotti sul RPMMR, allo scopo di investigare le performance energetiche del dispositivo, come il salto di temperatura, la potenza refrigerante ed il coefficiente di prestazione (COP), quando il sistema è soggetto a diverse condizioni operative ottenute variando la frequenza di ciclo AMR, il carico termico, la portata volumetrica del fluido ausiliario e le temperature degli scambiatori di calore freddo e caldo. In particolare sono presentati i risultati relativi a tre diverse campagne di test: 1) una prima campagna basata su test a carico zero; successivamente sono state condotte altre due campagne per esplorare le performance di 8Mag: 2) variando la frequenza di ciclo, il carico termico e la portata del flusso del fluido, mantenendo costante la temperatura dallo scambiatore caldo, affinché si avesse una panoramica delle performance e affinché fosse individuata una frequenza ottimale di ciclo, a seconda delle condizioni operative. 3) Mantenendo costanti la portata del fluido e la frequenza di ciclo AMR al valore ottimale, è stata condotta un'altra indagine al variare del carico termico.

È stato sviluppato un modello bidimensionale di un rigeneratore AMR ad impacchettamento di sfere, allo scopo principale di lavorare insieme al prototipo, affinché il modello replica il comportamento termo-fluido-dinamico di uno dei rigeneratori del RPMMR, incluso l'effetto magnetocalorico presente nel refrigerante solido. A tale scopo, il modello è stato validato sperimentalmente con risultati sperimentali forniti dal prototipo. Il modello è stato utilizzato per ottimizzare il prototipo sperimentale e per identificare una significativa area di miglioramento del dispositivo. Così, esso è stato usato per esplorare gli aspetti critici di 8Mag e per delineare la strada per migliorare le performance. In ogni caso, il modello è stato facilmente generalizzato al fine di considerare diverse geometrie del rigeneratore, salti di temperatura, fluidi secondari e materiali magnetici. In particolare, in questa tesi sono mostrati i risultati ottenuti indagando, attraverso il modello, gli effetti di altri materiali magnetici quando essi sono impiegati come refrigeranti in uno dei rigeneratori del prototipo. Inoltre, è stato anche investigato l'impatto ambientale in termini di effetto serra, attraverso il confronto delle performance del RPMMR con quelle di un refrigeratore a compressione di vapore in termini di indice TEWI (Total Equivalent Warming Impact).